9

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1947

N° 689

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

23 OCT 1947

Présentée et soutenue publiquement le

PAR

Jean-Marie-Eugène FEFFER

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

né le 16 juin 1917 à Paris

Contribution à l'étude de l'angiocardiographie

Essai de mise au point d'une technique

Président : M. Henri BÉNARD, *Professeur*

PARIS

LIBRAIRIE ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1949

SOCIETY

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1947 N°.....

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

Présentée et soutenue publiquement le

PAR

Jean-Marie-Eugène FEFFER

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

né le 16 juin 1917 à Paris

Contribution à l'étude de l'angiocardiographie

Essai de mise au point d'une technique

Président : M. Henri BÉNARD, *Professeur*

PARIS

LIBRAIRIE ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1949

DOYENS HONORAIRES :

MM. Balthazard, Baudouin

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Aubertin, Balthazard, Basset, Baudouin, Brindeau, E. Brumpt, Carnot, Chevassu, Chiray, Clerc, Delbet, Guillain, Hartmann, Heitz-Boyer, Laignel-Lavastine, Laubry, Lemierre, Lhermitte, Lœper, Marion, Mathieu, Mulon, Ombrédanne, Rouvière, Sannié, Sebileau, Sézary, Tanon.

DOYEN..... **Léon BINET.**

ASSESSEUR..... **Jean VERNE.**

I. - PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	OLIVIER.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Assistance médico-sociale	N...
Bactériologie	GASTINEL.
Bio-chimie médicale	VERNE.
Biologie médicale	POLONOVSKI.
Clinique de cardiologie	DONZELOT.
Cliniques chirurgicales	BROCQ. CADENAT. MONDOR. QUÉNU.
Clinique chirurgicale infantile et d'orthopédie	N...
Clinique chirurgicale orthopédique	MERLE D'AUBIGNÉ.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies des enfants	DEBRÉ (R.).
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET.
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale	DELAY.
Clinique des maladies du sang	CHEVALLIER.
Clinique des maladies du système nerveux	ALAJOUANINE.
Cliniques médicales	BENARD (H.), LAROCHE (G.). HARVIER. LIAN.
Clinique médicale propédeutique	PASTEUR VALLERY-RADOT
Clinique de neuro-chirurgie	PETIT-DUTAILLIS.
Cliniques obstétricales	LANTUÉJOUL. LEVY-SOLAL. PORTES.
Clinique ophtalmologique	VELTER.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires (Ch. a t. pers.)	RICHET.
Clinique de psychiatrie enfantile	HEUYER.
Clinique de puériculture	LELONG.
Clinique stomatologique	DECHAUME.
Clinique thérapeutique chirurgicale	SÉNÈQUE.
Clinique thérapeutique médicale	CHABROL.
Clinique de la tuberculose	BERNARD (Et.)
Clinique urologique	FEY.
Embryologie	GIROUD.

R. BINET BIBLIOTHEEK LEIDEN

(1) Personnel au 1er novembre 1948.

	MM.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BARIÉTY.
Histologie	CHAMPY.
Hydrologie thérapeutique et climato logie	JUSTIN - BESANÇON (L.).
Hygiène et clinique de la première enfance	CATHALA.
Hygiène et médecine préventive	JOANNON.
Médecine du travail	DESOILLE.
Médecine légale	PIÉDELIÈVRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD.
Pathologie chirurgicale	DE GAUDART D'ALLAINES.
Pathologie exotique	LAVIER.
Pathologie expérimentale et comparée	LEMAIRE.
Pathologie médicale	MOREAU.
Pathologie et thérapeutique générales	DE GENNES.
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD.
Physiologie	BINET (Léon).
Physique médicale	STROHL.
Radiologie médicale	DESGREZ (Henri).
Rhumatologie	COSTE.
Technique chirurgicale	MOULONGUET.
Thérapeutique	TURPIN.

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

MM. BULLIARD *(Histologie)*, CORDIER *(Anatomie)*, DOGNON *(Physique médicale)*, HALPHEN *(O. R. L.)*, JAYLE M. *(Chimie médicale)*, Mlle J. LÉVY *(Pharmacologie)*

II. - AGRÉGÉS EN EXERCICE

	MM.
Anatomie	N... DELMAS. N... ff DEBEYRE
Anatomie patholog.	DELARUE. Mlle GAUTHIER-VILLARS.
Bactériologie	BONNET. FASQUELLE.
Biochimie médicale	ETTORI. SCHAPIRA.
Dermato-Syphiligraph.	DEGOS.
Histologie	COUJARD. DESCLAUX.
Hydrologie	DEBRAY.
Hygiène	BOYER. DEPARIS.
Médecine légale	DEROBERT.
Neuro-chirurgie	PUECH.
Neurologie	DE SÈZE.
Obstétrique	DIGONNET. MAYER. SUREAU. VARANGOT.

	MM.
Ophtalmologie	OFFRET.
Oto - rhino - laryngologie	AUBIN.
Parasitologie	BRUMPT (L.).
Pathologie chirurg.	FEVRE. HUGIER. LEGER. PADOVANI. PATEL. ROUX. RUDLER. SICARD. N...
Pathologie expérim.	MERKLEN.
Pathologie médicale	BROUET. CACHERA. DECOURT. DREYFUS (G.) FAUVERT. GARCIN. HAMBURGER. KOURILSKY.

	MM.
Pathologie médicale	LAMY.
	LENEGRE.
	MARCHAL.
	MAURIC.
	SOULIÉ.
Pédiatrie	LAPLANE.
	MARIE (Julien)
Pharmacologie	CHEYMOL.

	MM.
Physiologie	BARGETON.
	PARROT.
Physique médicale	DJOURNO.
Psychiatrie	BARUK.
Thérapeutique (Agr. ch. d'ens.)	BROUET.
Urologie	COUVELAIRE

III. - PROFESSEURS HONORAIRES ET AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE
pour le service des examens

MM. BASSET *(Pathologie chirurgicale)*, BRINDEAU *(Obstétrique)*, GATELLIER *(Clinique chirurgicale)*, HUGUENIN *(Anatomie pathologique)*, LE LORIER *(Obstétrique)*, VAUDESCAL *(Obstétrique)*.

IV. - PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE
à titre permanent

	MM.
Clinique chirurgicale	AMELINE.
	FUNCK-BRENTANO.
	MENEGAUX.
Clinique médicale	BOULIN.

	MM.
Clinique médicale	HAGUENAU.
	MOUQUIN.
Clinique obstétricale	ECALLE.
	LACOMME.
Clinique ophtalmologique	RENARD.

	MM.
Secrétaire de la Faculté	J. MOREL.
Secrétaire-adjoint	Mlle CHAINTREUIL.

Bibliothécaire en Chef	Dr A. HAHN.
Bibliothécaires	Mlles DUMAITRE, GOICHON, LAURENT.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PERE

A MA MERE

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR HENRI BENARD

Professeur à la Clinique Médicale de l'Hôtel-Dieu,

Membre de l'Académie de Médecine.

En témoignage de ma respectueuse reconnaissance pour l'intérêt qu'il m'a toujours porté et pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de cette thèse.

A MON MAITRE

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ M. MOUQUIN

Médecin de l'Hôpital de la Pitié.

Qui m'a inspiré ce travail et m'a guidé de ses conseils. Je le prie de trouver ici le témoignage de mon respectueux attachement.

A MON MAITRE

MONSIEUR LE DOCTEUR ETIENNE MAY

Médecin honoraire des Hôpitaux.

Qu'il veuille bien trouver ici le témoignage de ma reconnaissance pour la grande part qu'il a prise dans ma formation médicale.

A Monsieur le Professeur R. HAZARD

Membre de l'Académie de Médecine.

Dont l'affectueux intérêt m'a sans cesse guidé au cours de mes études.

A Monsieur le Docteur THOYER-ROZAT

Electro-Radiologiste de l'Hôpital de la Pitié.

Qui m'a permis par son accueil bienveillant et ses conseils, la réalisation de ce travail.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX DE PARIS :

Stage :

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. CARNOT
MONSIEUR LE PROFESSEUR B. CUNEO *(in memoriam)*
MONSIEUR LE PROFESSEUR LEVY-VALENSI *(in memoriam)*

Externat :

MONSIEUR LE PROFESSEUR B. CUNEO *(in memoriam)*
MONSIEUR LE DOCTEUR P. HALBRON
MONSIEUR LE PROFESSEUR H. BENARD
MONSIEUR LE DOCTEUR H. JANET

Externat en premier :

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ JULIEN MARIE

Internat :

MONSIEUR LE DOCTEUR CLAUDE GAUTIER
MONSIEUR LE DOCTEUR GUY ALBOT
MONSIEUR LE PROFESSEUR R. MOREAU
MONSIEUR LE DOCTEUR E. MAY
MONSIEUR LE PROFESSEUR H. BENARD
MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ M. MOUQUIN
MONSIEUR LE DOCTEUR H. JANET
MONSIEUR LE DOCTEUR A. LAMBLING

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ANGIOCARDIOGRAPHIE ESSAI DE MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE

L'attention des cardiologues se trouve actuellement attirée sur les possibilités considérables qu'offre l'angiocardiographie, ou radiographie après opacification du cœur et des gros vaisseaux thoraciques.

Les publications américaines de ces dernières années nous montrent tout le parti que les chercheurs d'Outre-Atlantique ont tiré d'une méthode dont les prémisses avaient été posées en Europe et notamment en France.

HISTORIQUE

Ce sont les branches de l'artère pulmonaire que les premiers auteurs se sont efforcés d'opacifier par l'introduction dans les veines ou le cœur droit d'une substance de contraste.

FORSSMANN le premier (1929) introduisit chez l'homme un cathéter dans le cœur droit, à partir d'une veine du pli du coude, et injecta par cette voie une substance de contraste (uroselectan), mais il échoua dans sa tentative d'opacification.

MONIZ, CARVALHO et LIMA, de Lisbonne (1931-1937), reprennent l'idée de FORSSMANN et, injectant par un cathéter une dizaine de centimètres cubes de solution d'iodure de sodium à 120 %, réussissent à mettre en évidence les ramifications de l'artère pulmonaire.

Auparavant, MONIZ avait tenté d'injecter directement dans la veine du pli du coude la substance opaque ; mais celle-ci avait reflué dans les veines du cou et s'était trouvée finalement trop diluée pour qu'on pût obtenir un contraste.

Vers cette époque, d'importantes recherches expérimentales vont montrer la possibilité d'obtenir chez l'animal de telles opacifications des cavités cardiaques et des gros vaisseaux.

RAVINA et ses collaborateurs, introduisent une sonde dans le cœur droit du lapin et du chien.

BLOCH et ZANETTI font une injection directe par ponction de l'artère pulmonaire.

RACINE et REBOUL étudient l'opacification du cœur gauche et de l'aorte par ponction directe du ventricule gauche et de l'aorte. Injectant des quantités importantes de substance opaque sous une pression élevée, ils obtiennent des images très bien contrastées.

Ils étudient le retentissement cardio-vasculaire et respiratoire de ces injections, comparent différentes substances de contraste et établissent, dans le déclenchement des troubles

qu'ils provoquent chez le chien la part respective de la nature du produit utilisé ; la concentration et l'hypertonie de sa solution, le volume injecté, la rapidité de l'injection.

Ameuille et ses collaborateurs Hinault, Ronneaux, Roy (1936-1938), reprirent chez l'homme l'étude de l'opacification de l'artère pulmonaire et de ses branches par la technique de Moniz. Injectant 10 cc. de solution d'iodure de sodium à 140 %, ils obtinrent un meilleur contraste que leurs prédécesseurs.

Mais de vives critiques furent adressées à ces auteurs. Beaucoup voyaient dans la méthode employée un danger pour le malade, du fait :

— d'une part du produit injecté, susceptible d'entraîner de graves accidents d'intolérance ;

— d'autre part, de la voie d'introduction : fausse route en introduisant la sonde, lésion des valvules, de l'endocarde, mort subite.

Et, à la suite de ces critiques, l'étude de l'opacification du cœur et des gros vaisseaux fut abandonnée en France pendant plusieurs années.

Cependant des auteurs cubains, Castellanos, Pereiras et Garcia (La Havane), qui étudiaient le problème chez l'enfant depuis plusieurs années commencent à publier leurs résultats en 1937, et la qualité de leurs clichés montre la valeur de leur méthode. Ils utilisent la solution aqueuse d'un composé iodé organique, moins opaque aux RX que la solution très concentrée d'iodure de sodium, mais beaucoup moins toxique. Ils doivent, pour obtenir un bon contraste, en injecter une quantité importante et préfèrent l'injection intraveineuse périphérique qui permet un débit beaucoup plus fort que le mince cathéter poussé dans le cœur droit à partir du pli du coude.

Castellanos et ses collaborateurs opèrent chez des enfants (à partir de quelques jours) dont le thorax ne présente qu'une très faible opacité aux RX : ce qui explique pour une part l'excellence du contraste de leurs clichés, dont les auteurs précédents, opérant chez des adultes, n'approchaient pas. Quoi qu'il en soit, ils sont les premiers à obtenir, outre des images

parfaitement nettes du tronc de l'artère pulmonaire, l'image de l'oreillette et du ventricule droit, justifiant ainsi le nom qu'ils donnent à la méthode : angiocardiographie, alors qu'on ne parlait jusqu'alors que d'artériographie pulmonaire ou d'angiopneumographie.

La netteté de leurs images (un cliché de face et un de profil pris simultanément) leur permet une description détaillée d'aspects pathologiques notamment au cours de diverses affections congénitales du cœur et des gros vaisseaux.

Robb et Steinberg (de New-York), dans de remarquables travaux publiés en 1939, mettent au point de façon très minutieuse une technique d'angiocardiographie, également par voie veineuse, applicable à l'adulte comme à l'enfant. Ce sont eux vraiment qui, avec les auteurs cubains, font sortir ce nouveau procédé d'exploration de son stade expérimental.

Grâce à cette technique, les auteurs des Etats-Unis, avec Grishmann, Steinberg et Sussmann, Tailor et Mc Govern, peuvent étudier un nombre important de sujets ; ils décrivent les aspects normaux, les aspects pathologiques au cours d'études systématiques des différentes cardiopathies, précisent les indications de cette méthode qui prend notamment une place de premier plan pour le diagnostic des affections congénitales du cœur et des gros vaisseaux, pour celui des tumeurs du médiastin.

Enfin, dans un rapport au Congrès Panaméricain de Cardiologie (Mexico, 1946), Chavez et ses collaborateurs mexicains Celis et Dorberker, ont exposé les résultats d'une technique qui amène la substance de contraste dans l'oreillette droite grâce à une sonde de gros calibre introduite par la veine jugulaire externe ; leurs clichés sont les meilleurs sans doute obtenus à ce jour.

Notre maître le professeur agrégé Mouquin pratiqua à partir de 1942 plusieurs angiocardiographies. Sous sa direction nous avons repris ces travaux, et nous inspirant des belles études américaines, mais avec des moyens différents, nous tentons la mise au point d'une méthode.

GÉNÉRALITÉS SUR LA MÉTHODE

L'angiocardiographie comprend deux parties :

— l'injection rapide dans la circulation veineuse ou le cœur droit d'une quantité de substance radio opaque suffisante pour donner un net contraste des cavités cardiaques et des gros vaisseaux thoraciques ;

— la prise de clichés au moment de l'opacification.

Les problèmes posés par la mise au point de la méthode sont d'ordres très divers :

— pour l'injection :
  - — nature de la substance,
  - — concentration de sa solution,
  - — volume de solution à injecter,
  - — rapidité de l'injection,
  - — voie d'introduction,
  - — tolérance de l'injection pratiquée dans ces conditions ;

— pour la prise des clichés :
  - — détermination du moment de prise des clichés,
  - — dispositif de prise rapide des clichés,
  - — position à donner au sujet,
  - — données radiologiques.

Une première partie de cette étude va reprendre en détail tous ces problèmes, et nous y exposerons les solutions actuellement adoptées par les différents auteurs, en discutant leurs avantages respectifs.

Dans une seconde partie, nous décrirons notre propre technique, ses résultats, les difficultés que nous rencontrons, et les améliorations envisagées pour les surmonter.

PREMIERE PARTIE

LES DIFFÉRENTS PROBLÈMES POSÉS PAR L'ANGIOCARDIOGRAPHIE

LES MÉTHODES ACTUELLEMENT UTILISÉES

PREMIER CHAPITRE

L'injection de la substance de contraste

Le problème consiste à injecter en un temps *très court* un *important* volume de la solution opaque aux RX.

A) - LA SUBSTANCE DE CONTRASTE

Elle doit présenter les caractères suivants :
être :

— très radio-opaque,
— très soluble dans l'eau
— non irritante pour l'endothélium,
— inoffensive pour l'organisme et d'élimination rapide.

Nous ne nous étendrons pas longuement sur les raisons qui font actuellement utiliser par tous les auteurs des composés organo-iodés.

La substance opaque doit être, comme on le sait, de poids atomique élevé ; encore que si l'opacité aux RX varie

dans le même sens que le poids atomique, elle ne lui soit nullement proportionnelle ; si l'opacité croît très rapidement lorsqu'on commence à s'élever dans l'échelle des poids atomiques, elle croît beaucoup moins vite à partir d'un certain niveau. Et pratiquement il n'y a qu'une assez faible différence d'opacité entre les éléments dont le poids atomique dépasse 100.

De la liste des corps dont le poids atomique est supérieur à 100, deux ont été retenus jusqu'ici par les nombreux expérimentateurs qui ont recherché un produit opaque injectable dans la circulation :

— un métal lourd, le thorium, de poids atomique 232. Une suspension colloïdale de dioxyde de thorium (thorotrast) est utilisée pour certaines artériographies, mais son emploi a donné lieu à de très vives critiques (5) [1], car il n'est pas sans dangers. Il s'agit en effet d'une substance qui, loin d'être éliminée rapidement de l'organisme, se fixe sur le système réticulo-endothélial, inconvénient d'autant plus grand que le thorium est radio-actif.

Il n'est donc pas question de l'utiliser pour la cardiographie qui nécessite une quantité particulièrement importante de substance de contraste.

— L'iode (poids atomique 127), qui, en sa qualité de métalloïde, peut entrer dans un grand nombre de combinaisons tant organiques que minérales, parmi lesquelles on pourra choisir les moins toxiques, les plus solubles, les plus riches en iode.

Les premiers expérimentateurs de l'artériographie pulmonaire, CARVALHO, MONIZ, AMEUILLE, ont utilisé l'iodure de sodium.

Ses avantages sont :

— sa très forte teneur en iode,

— sa grande solubilité dans l'eau, permettant l'emploi d'une solution à 140 %, d'une forte opacité aux RX et avec laquelle AMEUILLE et ses collaborateurs, en injectant moins de 10 cc., ont pu obtenir de nets contrastes du tronc de l'artère pulmonaire.

---

(1) Ces numéros renvoient à la bibliographie.

Mais la fréquence d'accidents dont certains d'allure sérieuse (troubles habituels de l'intolérance à l'iode, éruptions, coryza ; chocs tétaniformes) [18] ont fait abandonner définitivement les combinaisons minérales de l'iode, au profit des combinaisons organiques étudiées pour l'urographie intraveineuse.

Dans ces corps organo-iodés :

— les propriétés chimiques, biologiques de l'iode sont dissimulées,

— les solutions sont très stables,

— les solutions hypertoniques sont relativement peu irritantes pour les endothéliums vasculaires,

— l'élimination se fait rapidement et complètement par les reins.

On cherche naturellement à utiliser une solution aussi riche en iode que possible (l'opacité aux RX des autres éléments de la molécule étant négligeable) tout en étant aussi peu hypertonique que possible. Le degré d'hypertonie d'une solution étant en rapport avec le nombre des molécules dissoutes, on est donc amené à préférer des substances dont les molécules contiennent plusieurs atomes d'iode. Et actuellement les substances monoiodées sont abandonnées pour les substances biiodées, en attendant la découverte de substances multiiodées adéquates.

Comme pour l'urographie par voie veineuse mais de façon plus impérieuse encore puisque la quantité de substance opaque nécessaire est beaucoup plus élevée, il faut un produit très soluble pour que le volume de solution à injecter ne soit pas trop grand.

En effet, le problème « débit » en substance opaque est un des plus importants de ceux que pose la cardiographie : Pour diminuer le plus possible sa dilution par le sang qui afflue dans l'oreillette droite, la totalité de la substance opaque doit être injectée en un temps très court, de l'ordre de 1 à 2 secondes au maximum.

Le retentissement sur l'organisme de ces injections très rapides a été étudié par Racine et Reboul (38). Etudiant la respiration, la tension artérielle et le tracé électro-cardiographique de chiens auxquels ils injectaient différentes solutions

salines et organo-iodées par ponction ventriculaire, ils ont montré que les perturbations marquées étaient le fait des injections très rapides alors que le rôle de la concentration et de l'hypertonie de la solution n'y était qu'accessoire.

Les conditions d'expérimentation de ces auteurs sont trop différentes de ce qui est pratiqué au cours de la cardiographie humaine pour que l'on puisse appliquer intégralement leurs conclusions à l'homme ; nous verrons les réserves qu'il faut y apporter. Mais il est bon néanmoins d'en tenir compte et de s'efforcer de réduire au minimum le volume injecté, donc d'utiliser une substance très soluble.

Différents produits ont été utilisés :

— Les premiers employés :

— Abrodil,

— Uroselectan A,

produits mono-iodés, furent abandonnés pour les raisons exposées ci-dessus.

— Puis l'iodoxyl (Uroselectan B, Neo iopax, Pyeselectan, Uropac), produit biodé contenant 51 % d'iode, fut abandonné parce que son injection intraveineuse entraînait de vives douleurs dans le bras et dans l'épaule (45).

— Les dérivés de l'acide iodo-hippurique (Hippuran) furent également abandonnés après avoir provoqué des réactions indésirables (45) et notamment une thrombose artérielle du pied après injection dans une veine du dos du pied (8 bis).

Actuellement tous les auteurs étrangers utilisent la solution aqueuse de 3-5 diiodo 4 pyridone N acetic acid diethanolamine, spécialisée sous les noms de Diodrast (Etats-Unis), Diodone ou Pyelosil (Grande-Bretagne), Perabrodil (Allemagne) et dont il n'existe pas de fabrication française.

Ce produit est nettement mieux toléré que tous les autres, et c'est certainement celui que les chercheurs français utiliseront lorsque les circonstances le leur permettront, tant qu'un produit mieux adapté encore à la cardiographie n'aura pas été découvert.

Le Diodone.

Produit mis au point pour l'urographie intraveineuse ; Contiades et ses collaborateurs avaient déjà préconisé son emploi pour l'artériographie en 1935 (20). Ils montrent que son contact prolongé ne détermine pas d'altérations de l'endothélium vasculaire, et qu'il est peu spasmogène, qualités d'importance essentielle puisqu'il s'agissait d'explorer des artères plus ou moins oblitérées.

A cette époque il n'existait pas de solution suffisamment concentrée de ce produit pour permettre son usage dans la cardiographie. (En 1938, Castellanos l'utilise chez le nourrisson, mais doit employer l'Uroselectan B, existant en solution plus concentrée, chez les enfants plus grands.)

Ultérieurement on réussit à augmenter sa solubilité et à préparer une solution à 70 %. Robb et Steinberg mettent au point leur technique avec elle et presque tous l'utilisent depuis lors. Cette solution fait, en 1943, après utilisation chez plus de 800 sujets totalisant 1.400 cardiographies, l'objet d'un rapport au « Council on Pharmacy and Chemistry » concluant à sa bonne tolérance (69).

Le Diodone est un produit contenant un peu moins de 50 % d'iode.

Les quantités importantes nécessitées par la cardiographie ont été largement expérimentées chez divers animaux.

Chez le rat, une dose de 2,5 gr. par Kg. entraîne une hépatite modérée qui disparaît complètement en une quinzaine de jours.

Chez le chien qui, comme l'homme, élimine très vite le produit par le rein, une dose de 1,5 gr. par Kg. est absolument dépourvue de toxicité ; or nous verrons que c'est une dose d'environ 0,50 gr. par Kg. (au maximum 0,75 gr. par Kg.) que l'on injecte chez l'homme.

Le produit est excrété par les reins, de façon complète et très rapide, sans avoir subi de modifications.

Son étude pharmacologique montre que son injection entraîne :

— une baisse de la tension artérielle par vaso-dilatation des artérioles et capillaires,
— une accélération du rythme respiratoire, par action directe sur le centre bulbaire,
— une accélération du pouls,
— une vaso-dilatation des coronaires.

B) - QUANTITÉ DE SUBSTANCES DE CONTRASTE NÉCESSAIRE

Nous avons vu que AMEUILLE avait déjà réussi, dans certaines circonstances favorables, à obtenir sur des clichés antéro-postérieurs une assez bonne opacification du tronc de l'artère pulmonaire au milieu de la masse cardiaque, et ce, en injectant seulement une dizaine de centimètres cubes de solution. Mais il utilisait une solution à 140 % d'iodure de sodium, particulièrement opaque aux RX ; et il n'avait pu obtenir l'injection des cavités gauches et de l'aorte, qui nécessite une quantité notablement plus forte de substance de contraste.

Aussi le volume nécessaire de solution de Diiodone à 70 % est-il beaucoup plus important :

ROBB et STEINBERG injectent, suivant le poids du sujet, l'épaisseur de la cage thoracique, le volume du cœur, de 35 à 50 cc. (ce qui représente de 24 à 35 gr. de Diodone, de 12 à 18 gr. d'iode). CHAVEZ et ses collaborateurs, de 50 à 90 cc. (de 35 à 63 gr. de Diodone, de 18 à 31 gr. d'iode).

De tels volumes pourront naturellement être diminués lorsqu'on utilisera une substance plus opaque.

Chez le nourrisson et l'enfant les doses utilisées sont proportionnellement plus élevées encore :

D'après CASTELLANOS et ses collaborateurs (13-36) :

— de 8 à 10 cc. chez le nouveau-né,
— de 12 à 20 cc. chez le jeune enfant,
— de 15 à 30 cc. chez le grand enfant.

La solution à 35 % est suffisante jusqu'à 6 mois ; à partir de 2 ans, il est nécessaire d'utiliser celle à 50 %.

Lorsque le petit malade présente une forte cyanose, une plus grande quantité de produit est nécessaire.

Avec de telles doses, étant donné la faible opacité du thorax infantile, le contraste est excellent.

C) - LA VITESSE D'INJECTION

Un facteur est aussi important que la quantité de produit : c'est la rapidité de son injection. Injecté lentement, en plusieurs secondes, il va, lorsqu'il parvient dans l'oreillette droite, s'y trouver au fur et à mesure dilué par la masse de sang qui y afflue. Comme on ne peut guère modifier cet afflux sanguin dans le cœur droit (la pose d'un garrot à la racine des membres n'a pas donné de résultats notables) il faut diminuer au maximum la dilution inévitable en injectant aussi rapidement que possible, réaliser une véritable *embolie opaque* dont les clichés successifs suivront la marche à travers les différentes cavités cardiovasculaires.

Une autre raison que celle de concentration oblige à injecter vite : celle de lisibilité des clichés : les différentes cavités se projetant plus ou moins les unes sur les autres, il faut tâcher, pour bien les distinguer, d'obtenir leur opacification successive et non simultanée ; au minimum que l'artère pulmonaire ait cessé d'être injectée lorsque l'oreillette gauche commence à l'être.

Aussi les différents auteurs s'efforcent-ils de pratiquer leur injection en *une seconde,* même lorsque le volume à injecter dépasse 50 cc. (Chavez).

D) - LE MODE D'INJECTION

Pour obtenir un débit aussi élevé, deux techniques s'affrontent : ,

— l'injection directement par sonde introduite jusqu'au cœur droit ;

— l'injection intrayeineuse.

1. La sonde intracardiaque.

C'est la méthode que Forssmann, Moniz et Carvalho, Ameuille avaient déjà employée.

Nous avons vu que l'on avait craint que l'introduction de la sonde ne fût cause de dangers pour le sujet :

— fausses routes de la sonde,

— irritation de l'endothélium veineux, de l'endocarde, pouvant entraîner des embolies, des syncopes, la mort subite,

— lésion des valvules tricuspides, voire des sigmoïdes pulmonaires, la sonde ayant pu s'engager jusque dans l'artère pulmonaire.

Des études ultérieures montrèrent l'innocuité de ce cathétérisme des cavités droites, et actuellement différents auteurs : Lenègre et Maurice en France, Cournand à New-York, etc., totalisent plusieurs milliers de telles explorations sans incidents.

Mais les sondes utilisées par tous ces auteurs, introduites à partir d'une veine du pli du coude (soit après dénudation de la veine, soit à travers un trocart de 23/10 mm.) sont d'un faible calibre :

Analogues aux cathéters urétéraux, si elles permettaient d'injecter quelques centimètres cubes de solution d'iodure de sodium, elles sont d'un diamètre beaucoup trop faible pour permettre l'énorme débit que nécessite actuellement la cardiographie.

Pour augmenter le débit, Conte et Costa (18) avaient bien proposé l'introduction d'un cathéter dans les deux bras, mais c'est encore très insuffisant, tout en multipliant par deux la difficulté technique. De plus il n'est pas rare que l'introduction du cathéter soit rendue impossible ou par une disposition anatomique défavorable des veines, ou par un spasme au contact de la sonde, habituellement au niveau de la première côte (31), ce qui explique l'abandon de cette voie pendant plusieurs années. On pouvait croire cet abandon définitif après la mise au point de la technique de Robb et Steinberg utilisant l'injection intraveineuse. Mais les auteurs de Mexico ont récemment repris avec succès la technique de la sonde en la modifiant (17). Ils

la trouvent seule capable de permettre la concentration maximum de substance opaque dans le cœur droit ; puisqu'elle élimine les dilutions, inévitables autrement, et les fréquents reflux qui se produisent à chaque confluent veineux situé entre le lieu d'introduction et le cœur droit.

La sonde de gros calibre (diamètre environ d'un crayon) indispensable, ne peut être introduite par une veine du pli du coude. Elle l'est par la jugulaire externe, et poussée ensuite sous cran radioscopique jusqu'au cœur droit.

L'injection de substance est faite à la main grâce à une seringue spéciale.

Le gros inconvénient de cette technique est de nécessiter, pour la dissection de la veine, l'introduction de la sonde, une véritable intervention chirurgicale avec toutes les complications que cela implique :

— un opérateur chirurgien supplémentaire,

— l'encombrement d'un champ opératoire parfaitement stérile,

— pour le sujet, avec un risque (si minime soit-il), de complication d'ordre veineux, l'appréhension et le désagrément qu'entraîne tout acte chirurgical.

Enfin, par cette voie également, il est des cas (disposition anatomique ou spasme) où l'on ne réussit pas à pousser la sonde jusqu'au cœur.

Mais grâce à cette technique, CHAVEZ, CELIS et DORBERKER prennent les meilleurs clichés de cardiographie obtenus jusqu'ici.

2. L'INJECTION INTRAVEINEUSE.

(CASTELLANOS et ses collaborateurs, chez l'enfant. — ROBB et STEINBERG.)

Cette voie présente sur la précédente le très gros avantage de sa simplicité : simple ponction veineuse par une aiguille de fort calibre à laquelle on adapte directement la seringue ou l'appareil injecteur. La cardiographie en devient ainsi une exploration facilement acceptée par le malade et que l'on peut au besoin répéter à plusieurs reprises sans appréhension de sa part.

Mais elle présente en contre-partie plusieurs désavantages :

— la solution de contraste, en contact à concentration élevée au lieu d'injection avec l'endothélium veineux, peut entraîner une certaine irritation ;

— une dilution importante se produit à chaque confluent veineux avant même que l'oreillette droite soit atteinte ;

— Du fait de la forte pression d'injection, possibilité de reflux dans ces mêmes systèmes veineux ;

— Lorsque cesse l'injection, une quantité importante de solution de contraste n'a pas encore atteint l'oreillette droite. Distendant la lumière veineuse entre le lieu d'injection et le cœur, n'étant plus soumise à la très forte pression du système injecteur, et par ailleurs de forte densité, elle n'est plus que faiblement sollicitée de suivre la tête de l'embolus opaque. Elle va stagner dans la veine pendant plusieurs secondes. Son absence va faire grandement défaut pour l'obtention d'un bon contraste, et son arrivée progressive et tardive dans les cavités droites risque de brouiller les contours des cavités gauches alors injectées.

Pour pallier à ces différents inconvénients, il faut mettre en œuvre de concert plusieurs procédés (45) :

1) Naturellement l'injection est poussée le plus vite possible. Pour cela on utilise une seringue spéciale à armature métallique dont l'embout présente un important diamètre intérieur (plus de 21/10 mm.) ; l'aiguille (12 gauge) est d'un calibre correspondant. Ainsi sont diminuées au maximum les résistances à l'injection du liquide.

2) Pour faciliter l'arrivée de la solution jusqu'au cœur :

a) Le sujet étant assis, l'injection est pratiquée sur le bras élevé à 45° au-dessus de l'horizontale, de façon à bénéficier de la pesanteur.

b) Au moment où l'on pousse l'injection, le sujet, qui a préalablement expiré à fond, inspire profondément et rapidement. L'importance de cette aspiration thoracique apparaît nettement lorsqu'on ne peut la réaliser à fond, comme chez les emphysémateux.

3) Enfin, la « queue » de l'embolus opaque est poussée

jusqu'au cœur par l'injection immédiatement consécutive d'un autre liquide. Pour ROBB et STEINBERG, c'est du sang, aspiré avant le début de l'injection dans la seringue de Diodrast, tenue verticalement contre le bras élevé. Plus léger, ce sang vient former une colonne à la partie supérieure de la seringue, contre le piston.

Les veines du pli du coude sont utilisées presque toujours.

Cependant, chez le jeune enfant, lorsqu'elles sont inaccessibles, on peut ponctionner d'autres veines périphériques, saphène au niveau de la malléole interne, veines de la main, veine fémorale même. Dans ces cas où l'on s'éloigne du cœur, il est nécessaire d'injecter quelques centimètres cubes supplémentaires de solution de contraste (13).

E) - LES RÉACTIONS DU SUJET A L'INJECTION INCIDENTS ET ACCIDENTS CONTRE-INDICATIONS DE LA MÉTHODE

Examinons maintenant comment les sujets supportent cette injection intraveineuse d'une trentaine de grammes de substance iodée en une seconde :

Remarquablement bien dans l'ensemble.

La réaction que nous avons observée dans les rares cas où nous avons pu disposer de Diodone et qui est décrite comme de beaucoup la plus fréquente par les auteurs américains est celle-ci (45-63) :

De 10 à 20 secondes après le début de l'injection, le sujet perçoit un goût métallique dans la bouche et une sensation de chaleur marquée, d'abord buccale, puis qui s'étend à toute la tête et envahit rapidement le corps. Rougeur de la face, du cou et des épaules. Salivation abondante. Sensation de faiblesse.

Parfois nausée, ou toux, ou besoin pressant d'uriner ou d'aller à la selle (mais qui n'entraîne jamais d'incontinence).

Tous ces signes disparaissent en une à trois minutes.

En même temps que ces phénomènes, l'observateur note :

— une baisse de la tension artérielle, qui dépasse rarement 3 cm. de mercure ;

— une accélération du pouls d'environ 30 pulsations par minute.

En quelques minutes tension et pouls sont revenus à la normale.

Telle est la réaction habituelle.

Dans quelques cas se produisent des incidents :

— vomissements immédiats (presque toujours chez des sujets qui n'étaient pas parfaitement à jeun) ;
— palpitations ;
— hypotension plus marquée
(qui céda toujours rapidement par l'injection d'extraits cortico-surrénaux).

En aucun cas ces incidents ne revêtirent d'allure grave et ne durèrent plus d'une demi-heure.

Rares également sont les réactions tardives :

— quelques cas d'urticaire,
— œdème de type anaphylactique
(se reproduisant de façon plus intense dans les cas où une deuxième exploration fut pratiquée),
— céphalée,
— élévation thermique, avec ou sans frissons.

Localement, il arriva parfois qu'une légère quantité de solution fût injectée en dehors de la veine ; étant très hypertonique elle détermina une inflammation qui jamais n'aboutit à une escarre.

Mise à part cette éventualité qu'une technique impeccable évite, le sujet ressent parfois une douleur immédiate au lieu même de l'injection ou sur le trajet veineux.

Robb et Steinberg rapportent 33 cas de légère thrombophlébite sur près de 250 injections ; l'inflammation fut toujours peu importante, ne s'accompagnant d'aucune gêne ; jamais d'embolie. Et la veine fut trouvée à nouveau perméable chez la majorité des sujets examinés plusieurs mois après.

Mais revenons sur la manière dont l'injection peut retentir :

— sur le système cardio-vasculaire d'abord,
— sur le reste de l'organisme ensuite, pour en déduire les contre-indications de la méthode.

1. Les contre-indications tenant a une affection cardio-vasculaire.

Nous avons vu qu'il se produisait constamment :

— hypotension artérielle (due à une vaso-dilatation artériolaire et capillaire), habituellement modérée, parfois plus marquée ;

— tachycardie, dont le mécanisme est discuté, peut-être en rapport avec l'augmentation de travail imposé au cœur par ce brutal apport dans ses cavités. (Ravina et ses collaborateurs (41) ont observé chez le chien des distensions cardiaques ; ils rapportent même un cas de mort attribuée à ce mécanisme, mais il s'agissait d'un chien de 8 kg. qui avait reçu une injection rapide de 35 cc. !)

On devra donc écarter de la cardiographie les sujets pour lesquels une chute tensionnelle est à craindre, ceux qui sont en état d'insuffisance cardiaque marquée.

L'arrivée brutale d'une substance hypertonique (à laquelle peut s'ajouter, dans la technique de Chavez, le minime traumatisme dû à l'introduction cardiaque de la sonde) fera éli[illegible] les sujets ayant déjà présenté ou chez lesquels on peut craindre une thrombose intracardiaque, une thrombose ou embolie de la petite circulation.

Le retentissement sur le rythme cardiaque et le tracé électrocardiographique conduit à d'importantes contre-indications :

a) Expérimentant chez le chien l'injection intracardiaque directe de substances organo-iodées, Racine et Reboul (37, 38, 40) obtenaient des modifications du tracé électrique allant des extrasystoles à l'anarchie ventriculaire transitoire, en passant par la crise de tachycardie paroxystique ; l'importance des désordres était en rapport surtout avec la vitesse d'injection (notons que ces altérations étaient obtenues avec des débits considérables, et le chien de moins de 20 kg., dont le cœur est cependant particulièrement excitable, pouvait recevoir 20 cc. de solution de Ténébryl à 45 % sous une pression de 1 kg. 250 sans modification du tracé électrique).

Chavez (qui de tous les auteurs a utilisé les débits les plus élevés, jusqu'à 90 cc. en une seconde, et ce, directement dans

le cœur droit, sans l' « amortisseur » que représente le passage à travers un système veineux qui se distend) a observé chez certains de ses sujets :

— des pauses cardiaques ayant pu atteindre plusieurs secondes;
— des extrasystoles,
— dans un cas l'injection déclencha une crise de tachycardie paroxystique de quelques secondes, mais le sujet en avait présenté spontanément auparavant.

Il faut donc s'abstenir formellement de pratiquer la cardiographie chez des malades présentant des troubles de la conductibilité, bloc complet ou incomplet.

La méthode, par contre, semble parfaitement tolérée dans les fibrillations auriculaires.

b) Comment se comportent les coronariens ?

— Certes, en perfusion expérimentale, le Diiodone s'est révélé vaso-dilateur des coronaires.

— Robb et Steinberg, chez deux angineux, ont pratiqué l'épreuve sans aucun incident — et aucun de leurs autres malades non coronariens n'a ressenti de douleur précordiale. Néanmoins un de leurs malades, qui avait déjà présenté une occlusion coronaire, en développa une autre 30 heures après l'injection.

De toute façon :

La prudence élémentaire commande de s'abstenir chez ces sujets :

— même si le Diiodone n'est pas spasmogène en perfusion, il n'est pas certain qu'il ne puisse l'être dans les conditions bien différentes, de l'exploration chez l'homme ;
— il faut de plus tenir compte de cette augmentation du travail cardiaque signalée plus haut, qui réalise une véritable épreuve d'effort, et dont les constatations de Lequime et Denolin (29) apportent une confirmation expérimentale : injectant rapidement chez des coronariens 40 cc. de solution saline à 20 % ils provoquent :
— chez presque tous une accélération du cœur ;
— chez un tiers environ, une douleur angineuse, parfois intense.

Le tracé électrocardiographique montre des altérations chez le plus grand nombre, qu'il y ait eu ou non des manifestations cliniques :

aplatissement de T en D_1, D_2,
transitoire dénivellation de ST.

(Chez des sujets normaux, ils avaient provoqué de la tachycardie dans tous les cas, parfois un aplatissement de T, sans dénivellation de ST.)

2. — Les contre-indications autres que cardiovasculaires.

S'il n'a été rapporté jusqu'ici aucun accident mortel à la suite d'injection pour cardiographie, il en existe plusieurs observations après injection intra-veineuse de produits organo-iodés (et en particulier de Diiodone) pour l'urographie, donc avec des doses et un débit bien moindres.

Mais il convient de préciser que ces cas mortels sont d'une extrême rareté devant le nombre considérable d'urographies pratiquées. Enquêtant auprès de centaines de radiologues et urologues américains, Pendergrass et ses collaborateurs (35) ont trouvé 26 cas mortels sur plus de 660.000 urographies pratiquées ces dernières années, soit moins de 1 pour 25.000.

Lorsqu'un grand nombre de cardiographies sera pratiqué, il est certain que l'on rencontrera de temps à autre un tel accident.

Ces accidents mortels se groupent en deux catégories :

a) Mort retardée, dans les semaines qui suivent l'injection, dans un tableau de néphrite azotémique, et survenant chez des malades atteints d'une importante affection rénale préexistant à l'exploration.

Pasteur-Vallery-Radot et ses collaborateurs (34), apportant trois observations nouvelles de mort survenue dans ces conditions, attiraient récemment l'attention sur le danger de pratiquer ces injections chez les azotémiques.

Un examen préalable de la fonction rénale doit faire disparaître cette cause d'accidents.

b) Mort survenant très rapidement après l'injection, dans les minutes qui suivent (10 cas sur 26 de la statistique précé-

demment citée), 7 cas sur 11 rapportés par divers auteurs américains (35, 24, 21, 34).

La mort survient dans un tableau de choc et paraît due à une hypersensibilité (ou à une sensibilisation) au produit de contraste. La quantité de substance déclenchant la mort peut être minime : 3 cc. de solution dans un cas de DOLAN (24).

Comment tenter de prévenir cette cause de mort ?

— Un choc d'allure anaphylactique paraissant en cause, on fera une étude serrée des antécédents de chaque malade, qui pourra conduire à s'abstenir chez ceux qui sont sujets aux manifestations allergiques.

— On a proposé différents tests d'étude de sensibilité à la substance injectée.

— Test oral (DOLAN) : le sujet absorbe 1 à 2 cc. de solution à 70 %, qu'il garde dans la bouche pendant 10 minutes. Il l'avale ensuite et est observé pendant encore 30 minutes.

Le test est positif lorsque le sujet ressent un engourdissement des lèvres et de la face avec gonflement de la langue.

— Test intradermique :

l'injection intradermique de 1/20 cc. de solution à 35 % entraîne chez ces sujets sensibles, au lieu d'une petite papule de 2 à 4 mm. de diamètre, une papule dépassant 10 mm., avec auréole rouge.

— Test oculaire :

Instillation dans un œil d'une goutte de solution à 35 %. Le sujet garde les deux yeux fermés pendant quelques minutes. Le test est positif lorsqu'on constate une congestion marquée de la conjonctive.

Mais la valeur de ces tests est fort discutée. Chez 21 sujets ayant reçu l'injection intradermique, TAILOR et MAC GOVERN (63) constatent qu'il n'y eut qu'une très faible relation, ou pas du tout, entre la sensibilité cutanée et les réactions générales lors de la cardiographie.

Le développement d'une sensibilité à la substance de contraste paraît très probable chez certains sujets, comme il ressort de plusieurs observations :

— apparition ou forte accentuation à la deuxième exploration,

de manifestations de type anaphylactique (prurit, urticaire, œdème) [63] ;

— cas de mort survenue brusquement après une deuxième injection, alors que la première, pratiquée neuf jours auparavant, avait été très bien tolérée (24).

Il y a là une raison supplémentaire de s'efforcer d'obtenir, au cours d'une seule exploration, tous les renseignements que la méthode est susceptible de fournir.

A côté de ces contre-indications, dont l'une, intolérance au produit de contraste, est habituellement très difficile à déterminer, il faut encore placer les hépatites. La notion de cette contre-indication est surtout de connaissance expérimentale : nous avons vu que chez le rat l'injection intramusculaire d'une dose élevée de diiodone provoque une hépatite.

Le rôle dangereux de l'iode dans l'hyperthyroïdie et la tuberculose pulmonaire évolutive avait fait, à priori, ranger d'abord ces maladies parmi les contre-indications de la cardiographie. Mais dans les substances organo-iodées utilisées, l'iode est parfaitement dissimulé, très vite éliminé, et l'expérience de ces dernières années infirme les craintes des premiers expérimentateurs.

DEUXIEME CHAPITRE

La prise des clichés au moment de l'opacification

A) - LE MOMENT DE PRISE DES CLICHÉS

A. — Le moment de prise des clichés.

Comment connaître le moment propice à la prise des clichés de l'embolus opaque lancé dans la circulation ?

Ce moment est bref et un écart d'une seconde, moins même parfois, peut le laisser échapper.

Les auteurs américains qui utilisent la voie intraveineuse estiment que, en moyenne :

— la veine cave supérieure et l'oreillette droite sont opacifiées une seconde et demie après le début de l'injection ;

— le ventricule droit et le tronc de l'artère pulmonaire, deux à trois secondes ;

— le ventricule gauche entre six et neuf secondes.

Mais déjà, chez les sujets normaux existent de notables variations. Et ces temps peuvent être très augmentés dans certains états pathologiques, notamment différentes cardiopathies, et chez les emphysémateux et les scléreux pulmonaires (66-30).

Aussi, pour fixer des repères a-t-on tout naturellement été amené à étudier la vitesse circulatoire et à établir une relation entre elle et le moment d'opacification des diverses cavités cardio-vasculaires.

Chez chaque sujet, immédiatement avant la cardiographie, on détermine le temps de circulation « bras-poumon » par l'injection intraveineuse d'éther et le temps « bras-langue » (injection

de sels biliaires ou de saccharine) ou le temps « bras sinus carotidien » (injection de cyanure de sodium).

(Avec la méthode de la sonde, où le cœur droit est opacifié presque immédiatement, seul le temps « cœur droit-langue » est à déterminer.)

Et les auteurs américains estiment généralement que le temps approximatif d'opacification du ventricule droit et du tronc de l'artère pulmonaire est le « temps éther » diminué de une à deux secondes ; pour le ventricule gauche : c'est le temps « cyanure » diminué de une à deux secondes.

Mais ces indications ne sont qu'une approximation assez grossière, à une ou deux secondes près.

De plus, le problème se trouve très compliqué, en ce qui concerne les chambres cardiaques, par le cycle systole-diastole, dont, jusqu'ici, on ne sait pas tenir compte pour fixer le moment de l'injection. Et un cliché, même s'il est pris au moment où la substance opaque traverse la cavité à étudier, sera peut-être d'un intérêt médiocre si cette cavité est alors dans un état de contraction défavorable.

Aussi la principale difficulté de la cardiographie reste de déterminer avec précision le moment de la prise des clichés.

Et si les premiers expérimentateurs prenaient seulement, en utilisant les données de la vitesse circulatoire, un cliché pour les cavités droites et l'artère pulmonaire, un autre pour les cavités gauches et l'aorte, on s'efforce actuellement de multiplier les clichés à intervalle aussi court que possible, pour tâcher de surprendre l'injection la plus favorable.

B) - DISPOSITIF DE PRISE RAPIDE DE CLICHÉS

La radiocinématographie serait évidemment la solution de choix ; et, dès les débuts de la cardiographie, on a cherché à y appliquer les résultats déjà obtenus par différents auteurs anglo-saxons ou scandinaves (4, 6, 26).

On a utilisé non pas la radio-cinématographie directe (par déroulement rapide d'un film radiosensible), mais la méthode indirecte consistant à filmer un écran radioscopique (51-60).

Opérant avec une anticathode tournante, sous tension de 85 Kv, intensité de 150 milliampères, à 70 cm, SUSSMANN, STEINBERG et GRISHMANN ont pu obtenir de 12 à 16 clichés par seconde (suivant l'épaisseur du sujet) pendant deux périodes de 3 secondes. Et chez plusieurs sujets, certains détails cardiaques, comme les valvules aortiques ou pulmonaires, ne se sont trouvés enregistrés que sur une seule vue (51).

Mais cette méthode présente de gros inconvénients :

— dispositif cinématographique très coûteux,

— manque de netteté des images obtenues : en effet l'émulsion du film doit être très rapide, donc à gros grains ; et la perte de détails qui en résulte est durement ressentie sur les forts agrandissements que l'on doit faire de ces films de petit format.

Aussi les auteurs qui ont utilisé cette méthode considèrent-ils qu'elle doit être complétée par une nouvelle exploration avec prise de clichés standard.

Et l'on préfère actuellement les méthodes qui utilisent un distributeur de cassettes à débit rapide.

Les distributeurs de cassettes :

Ils sont de types divers.

Dans le plus simple, les clichés sont pris sur le malade allongé. Au-dessous de lui les cassettes sont disposées les unes à la suite des autres sur un long plateau mobile. Le déplacement rapide du plateau après chaque exposition amène les cassettes successivement sous le thorax du sujet.

Etant donné le format des films utilisés, l'inconvénient de cet appareil est sa très grande longueur, qui oblige, sous peine d'un encombrement excessif, à limiter beaucoup le nombre des cassettes.

Avec un appareil basé sur ce principe, CHAVEZ prend quatre clichés, à deux secondes d'intervalle environ.

SUSSMANN, STEINBERG et GRISHMANN (58) (opérant sur un sujet assis) utilisent une grande roue de bois portant huit cassettes à sa périphérie. La rotation de la roue présente successivement les cassettes devant une fenêtre pratiquée dans un écran plombé.

L'appareil de SCHWARZSCHILD (48) comporte, placés verticalement côte à côte trois compartiments :

— cassettes non exposées,
— chambre d'exposition,
— cassettes exposées.

Un levier de poussée assure le passage d'un compartiment à l'autre et sa mise en mouvement déclenche automatiquement la prise du cliché au moment voulu. On peut ainsi obtenir sept vues en six secondes.

Avec ces types d'appareils, qui permettent de prendre environ une vue à la seconde, une contenance de 7 à 8 cassettes est suffisante puisque les périodes intéressantes d'opacification durent environ :

2 à 3 secondes pour cœur droit et artère pulmonaire,
4 à 5 secondes pour cœur gauche et aorte.

Pour perfectionner ces appareils, la difficulté est beaucoup moins d'augmenter leur contenance que la rapidité de passage des cassettes.

C) - LES CONDITIONS RADIOLOGIQUES

Il faut obtenir des clichés sur lesquels le rachis soit nettement visible à travers l'ombre cardiaque, en position antéro-postérieure, et les champs pulmonaires sombres sans être complètement noirs.

Le temps de pose est aussi court que possible : 1/20 à 1/15 seconde. 1/10 seconde peut néanmoins suffire.

ROBB et STEINBERG conseillent, avant l'exploration, la prise d'un cliché de contrôle répondant aux considérations énoncées, et l'on fait ensuite la cardiographie avec une tension supérieure de 8 à 12 kv, les autres données étant inchangées.

Des chiffres moyens sont, pour un sujet de 60 kg. :

70 kilovolts,
300 milliampères,
1/20 seconde — à 1 m. 80.

Chez l'enfant, CASTELLANOS et ses collaborateurs utilisent :
50 à 90 kilovolts suivant l'âge, l'épaisseur du thorax, la position,
100 milliampères,
1/20 seconde, à 90 cm.

D) - LA POSITION DU SUJET

Elle dépend de la cavité ou du vaisseau que l'on désire surtout étudier.

Le sujet est préalablement examiné à l'écran radioscopique, l'incidence la plus propice est déterminée et repérée par des mesures précises.

— La position frontale est la plus employée, permettant d'obtenir :
- — une vue d'ensemble des cavités cardiaques,
- — la veine cave supérieure,
- — le tronc de l'artère pulmonaire,
- — sa bifurcation, sa branche droite et les ramifications intrapulmonaires.

— La position oblique antérieure gauche sera plus propice pour l'étude de :
- — la branche gauche de l'artère pulmonaire,
- — le ventricule gauche,
- — l'aorte.

— En position oblique antérieure droite :
- — l'oreillette gauche,
- — la branche droite de l'artère pulmonaire.

— En transverse : le tronc de l'artère pulmonaire.

Pour obtenir le maximum d'indications et une seule exploration, plusieurs auteurs prennent simultanément deux clichés :

CHAVEZ :
1 cliché de face,
1 cliché de profil.

TAILOR et MC GOVERN :
1 cliché de face,
1 cliché en oblique.

⁂

Tels sont les problèmes essentiels qui se posent pour la réalisation de l'angiocardiographie, méthode d'une mise au point délicate et qui ne peut donner de résultats que si aucun détail n'a été négligé.

Nécessitant l'accomplissement en un temps très court de plusieurs opérations simultanées, elle ne peut être menée à bien que par une équipe entraînée comprenant :

— un « chef de manœuvre » qui dirige l'opération, donne le signal du départ et de changement des cassettes ;
— un radiologiste assurant la prise des clichés ;
— un assistant poussant l'injection,
— un assistant manœuvrant le distributeur de cassettes.

Il faut y adjoindre, lorsqu'on utilise une sonde, un chirurgien pour dénuder la veine et pousser la sonde jusqu'au cœur.

Nous avons succinctement décrit la façon dont les auteurs qui utilisent la cardiographie tentent de résoudre les problèmes qu'elle pose.

On a pu voir que ces auteurs, en accord sur certains points :

— produit de contraste à utiliser,

— préférence des clichés directs à la radiocinématographie, sont partagés sur le mode d'introduction de la substance de contraste.

Et les différentes techniques ne sont pas absolument équivalentes en ce qui concerne les résultats :

La technique des auteurs mexicains permet incontestablement la plus forte concentration de substance opaque dans le cœur droit et donne presque à coup sûr des images d'un excellent contraste. Alors que par voie veineuse, si l'injection des cavités droites et de l'artère pulmonaire est très facile, on obtient un peu plus difficilement celle des cavités gauches et de l'aorte.

Les succès sont en effet moins réguliers chez les sujets présentant :

— une forte augmentation de volume du cœur,

— un engorgement pulmonaire, avec ou sans sténose mitrale,

— une fibrillation auriculaire,

— un défaut de cloisonnement interventriculaire.

Naturellement, toutes choses égales par ailleurs, les distributeurs permettant d'utiliser 7 ou 8 cassettes donnent des résultats plus constants que ceux qui n'en contiennent qu'un petit nombre. Et TAILOR et MC GOVERN, qui ne prennent que deux clichés (ou plus exactement deux fois deux, car ils utilisent deux ampoules simultanément) sont toujours obligés de répéter l'exploration, souvent même deux et trois fois.

Chez le jeune enfant, les doses de substance de contraste étant proportionnellement très élevées, et le thorax d'une faible opacité, on obtient habituellement d'excellents clichés.

***

Ainsi, dans plusieurs grands services de cardiologie d'Amérique, d'Angleterre, de Suède, l'angiocardiographie a acquis depuis plusieurs années droit de cité. Elle est sortie du stade expérimental et, pour le diagnostic de certaines affections du cœur et des gros vaisseaux son emploi est en train de devenir aussi important que celui, par exemple, de la bronchoscopie pour le diagnostic d'un cancer bronchique.

DEUXIEME PARTIE

NOTRE TECHNIQUE D'ANGIOCARDIOGRAPHIE ET SES RÉSULTATS

Nous avons, dans le service de notre maître le Professeur agrégé MOUQUIN et dans le service de radiologie du Docteur THOYER-ROZAT, repris l'étude de cette question et cherché, tout en tenant compte des enseignements des auteurs étrangers, la mise au point d'une technique compatible avec nos possibilités.

Comparée à celle de ces auteurs, notre expérience est encore faible, mais, de chaque nouvelle cardiographie pratiquée nous tirons un enseignement, et actuellement, si notre technique est loin d'être sans défauts, nous voyons clairement comment l'améliorer et espérons que dans un proche avenir notre retard sera comblé.

Nous examinerons d'abord les principaux éléments de notre méthode :

— substance de contraste,
— mode d'injection,
— distributeur de cassettes,
— moment de prise des clichés,
— données radiologiques.

Ensuite, dans un deuxième chapitre, nous décrirons dans ses détails le protocole d'opération, les réactions du sujet, les résultats.

PREMIER CHAPITRE

LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE NOTRE TECHNIQUE

A) - LA SUBSTANCE DE CONTRASTE

Nous utilisons une solution à 70 % de Ténébryl 411.

Diiodométhane sulfonate de monoéthanolamine, le Ténébryl 411 est dérivé du Ténébryl Guerbet (diiodo méthane sulfonate de sodium).

Si sa teneur en iode est moins grande que celle de ce dernier (62 % au lieu de 68 %), il présente sur lui l'avantage d'une solubilité dans l'eau beaucoup plus forte : 110 gr. sont solubles dans 100 cc. La solution à 70 % se trouve donc loin de la saturation.

On évite ainsi toute précipitation au cours des différentes manipulations (ce qui n'est pas toujours le cas avec le Diiodone, dont la solution à 70 % est toute proche de la saturation).

L'expérimentation chez l'animal de ce produit, destiné à l'urographie intraveineuse, a montré que des doses dépassant 2,50 gr. par kg. étaient bien supportées, que le léger choc consécutif à l'injection intraveineuse se dissipait rapidement et que l'on ne trouvait pas trace d'altérations histologiques rénales chez les animaux sacrifiés quelques jours plus tard.

Chien n° 5. — Poids 10 kg. 200

Le 13 janvier. — Injection intraveineuse de 30 cc. de solution de Ténébryl 411 à 70 %, soit 2 gr. par kg.

Le chien ne réagit pas pendant l'injection, pratiquée en 4 minutes.

Il est détaché 25 minutes après. Son état paraît absolument normal. Il urine.

Le 16 janvier. — Il est en très bon état.

Le 17 janvier. — Il est sacrifié par injection intraveineuse de chloroforme.

Conclusions de l'examen histologique (Dr Feyel) :

« L'examen histologique n'a révélé aucune lésion pouvant être rattachée au traitement expérimental. On observe une congestion capillaire constante qui tient probablement à la manière dont a été pratiquée la ligature du pédicule rénal. On observe également des lésions de sclérose périvasculaire qui dénotent un processus chronique d'origine très ancienne. »

Chienne n° 8. — Poids 11 kg. 500

Le 7 février. — Injection en 10 minutes de 52 cc. de solution de Ténébryl 411 à 70 %, soit au total 36 gr. 4, ou 3 gr. 16 par kg.

A la fin de l'injection, la chienne, un peu choquée, s'agite, sa respiration est haletante, elle bave abondamment.

Elle est maintenue immobilisée 50 minutes en vue d'un prélèvement d'urine à la sonde pour dosage.

Détachée après 50 minutes, elle présente des troubles de l'équilibre qui entraînent sa chute à plusieurs reprises. Elle semble souffrir d'une contracture des membres inférieurs.

Ces troubles s'amendent très rapidement.

Le 8 février, l'état général est bon ; urines abondantes contenant quelques traces d'albumine.

Le 9 février, très bon état général : pas d'albuminurie.

Le 11 février, dosage de l'urée sanguine : 0 gr. 35 par litre.

Le 15 février, la chienne est sacrifiée par injection intraveineuse de chloroforme.

Conclusions de l'examen histologique des reins (Dr Feyel) :

« Les deux reins présentent un aspect identique. On note la présence de zones anciennes de glomérulo-néphrite laissant quelques cicatrices scléreuses autour des capsules de Bowmann et dans la zone médullaire.

« Il n'existe pas de lésions récentes, si ce n'est une très légère atteinte du parenchyme secrétoire accompagnée d'une congestion médullaire, due très probablement à l'emploi du chloroforme. En aucun cas, aucune de ces images ne semble devoir être la conséquence de l'injection du produit expérimenté. »

Des doses de 4 gr. 05 par kg. n'ont entraîné la mort des chiens que de façon inconstante.

Cependant l'expérimentation avait déjà montré des modifications tensionnelles du même ordre que celles que nous avons constatées chez certains de nos sujets :

Chien de 11 kg.

Tension artérielle avant toute injection : 15-130 — temps : 0.

Première injection de 0 gr. 2 par kg. (solution à 30 %) en 15 secondes.

Cette première injection est suivie d'une très légère baisse de la tension artérielle sans aucun trouble respiratoire (tension 124-114). La tension revient à son niveau antérieur après 40 secondes.

3e minute : nouvelle injection en 15 secondes de 0 gr. 2 par kg. Aucun trouble respiratoire. Pas de chute tensionnelle (155-126).

A 8 minutes 30 secondes : injection en 1 minute de 1 gr. 8 par kg. (solution à 60 %), soit dose totale de 2 gr. 20 par kg.

Chute de tension artérielle notable pendant l'injection (126-104) et troubles respiratoires.

A 11 minutes 30 secondes : Tension 166-138.

A 13 minutes : élévation tensionnelle : 200-170.

A 15 minutes : les troubles respiratoires ont entièrement cessé. La tension artérielle se maintient élevée : 210-190.

La mesure au potentiomètre du pH de plusieurs échantillons de la solution à 70 % nous a donné des chiffres variant de 4 à 4,1.

Avec ce produit de grande solubilité, il eût été possible d'utiliser une solution plus concentrée que 70 %. Il en existe une solution à 110 %, qui présenterait, comme nous l'avons vu, de grands avantages : volume moindre à injecter, donc

temps d'injection beaucoup plus court pour un poids égal de produit opaque. Mais nous avons craint une irritation de l'endothélium veineux par cette solution très fortement hypertonique (la solution isotonique est à 6,5 %).

B) - LE MODE D'INJECTION

Nous avons choisi la voie intraveineuse en raison de sa simplicité.

L'injection est poussée, dans une veine du pli du coude, non pas à la seringue, mais avec l'appareil de Dos Santos pour artériographie.

Cet appareil destiné à injecter sous pression, est constitué essentiellement par :

— un tube vertical de verre épais gradué, d'une contenance de 45 cc. environ, destiné à recevoir la solution de contraste ;

— à sa partie supérieure, une tubulure métallique, que l'on peut fermer par un robinet, le met en communication avec un réservoir dans lequel, par une pompe, on comprime de l'air. Un manomètre renseigne sur la pression obtenue dans le réservoir et que l'on peut élever jusqu'à 3 kg. ;

— à la partie inférieure du tube de verre, un orifice, avec robinet, auquel on branche un tube de caoutchouc allant vers l'aiguille et la veine.

Ce tube de caoutchouc épais est long d'environ 50 cm. Son autre extrémité n'est pas fixée directement à l'aiguille, mais à l'une des branches d'un raccord métallique en Y.

Le pied de l'Y est relié à l'aiguille. L'autre branche de l'Y, par un court segment de tube de caoutchouc, à une seringue de 20 cc. qui se trouve ainsi branchée sur le circuit, mais peut en être isolée facilement par la pose d'une pince à forcipressure sur le tube la reliant au raccord en Y.

Toutes les connexions sont faites ainsi par des tubes de caoutchouc, ceci dans le but de supprimer les embouts dont le diamètre intérieur trop faible opposerait une grande résistance à l'écoulement rapide du liquide.

L'aiguille utilisée est de 20/10 mm. de diamètre, longue de 50 mm.

Son embase, cylindrique, présente une gorge sur laquelle on ligature le tube de caoutchouc qui la relie au raccord en Y.

Malgré le calibre de l'aiguille et la suppression des embouts, la résistance que l'ensemble présente au passage du liquide est encore telle que, utilisant la pression maximum que peut fournir l'appareil, soit 3 kg., les 45 cc. ne sont injectés qu'en 1 seconde 6/10 environ.

Lorsqu'on sait que les auteurs étrangers poussent à la seringue un même volume en une seconde, on a une idée de la force que l'opérateur « injecteur » doit déployer. Si nous n'avons pas essayé d'utiliser leur méthode, plus rapide et plus simple, c'est par manque des seringues indispensables, renforcées et munies d'orifices et d'embouts d'un fort calibre intérieur.

C) - LA DISTRIBUTION DES CASSETTES

Elle est assurée par un appareil que nous avons fait construire avec notre ami Maurice DURAND pour permettre la prise de six clichés de 30×40.

Ce grand format, qui a l'inconvénient de l'encombrement et du poids (2 kg. environ) de ses cassettes, a été choisi parce qu'il permet d'obtenir une vue du thorax entier.

Nous opérons sur le malade allongé ; les cassettes doivent donc défiler au-dessous de lui ; et pour assurer leur déplacement nous utilisons leur propre poids.

L'appareil est en forme d'équerre avec :

— une partie horizontale sur laquelle s'allonge le sujet, sorte de longue caisse plate d'environ 2 m.×0,50 et de 0,30 de haut ;

— une partie verticale ; en réalité très légèrement oblique, formant avec la précédente un angle obtus, se dresse derrière la tête du sujet, haute de 1 mètre.

Le dispositif distributeur logé dans ce bâti est une sorte de tobogan, formé de deux rails en L, sur lesquels glisseront les

cassettes. Cette glissière tobogan commence, légèrement inclinée sur la verticale, à la partie supérieure de la branche verticale de l'équerre. Elle s'incurve en décrivant un peu moins d'un quart de cercle et se termine par un court trajet horizontal sous le thorax du sujet.

La première cassette repose sur cette portion horizontale, en place pour être impressionnée. Une butée mobile pivotant sur un axe et commandée par un levier, arrête cette cassette sur ce segment terminal de la glissière, la séparant d'un casier dans lequel viendront s'accumuler les cassettes exposées.

D'autres cassettes sont placées à la suite de la première sur la glissière, de plus en plus inclinées ; la dernière cassette, presque verticale, atteint la partie supérieure de l'appareil. Ces cassettes, du fait de leur inclinaison croissante, pèsent fortement sur la première et la chasseront rapidement dans le casier réservoir lorsqu'on soulèvera la butée. La deuxième cassette prendra la place de la première et y sera bloquée par la butée retombée en position d'arrêt.

Mais nous ne pouvions, sans augmenter exagérément l'encombrement, et en particulier la hauteur de l'appareil, donner à la glissière la longueur suffisante pour contenir toutes les cassettes nécessaires, au nombre de huit (six cassettes à impressionner, plus deux destinées à pousser la sixième).

Aussi quatre cassettes seulement reposent, au départ, sur la glissière. Les quatre autres sont placées presque verticalement l'une contre l'autre, dans un réservoir logé à la partie toute supérieure de l'appareil, contre l'origine de la glissière : les cassettes s'engagent automatiquement sur celle-ci au fur et à mesure que les descentes s'opèrent.

L'ensemble est protégé de l'ampoule par une lame de plomb percée d'une fenêtre au niveau de la cassette n° 1.

Une légère poussée sur le levier qui commande la butée suffit à déclencher le changement de cassette.

Nous pouvons ainsi obtenir un débit de une cassette toutes les secondes et demie. Nous utilisons toujours le même jeu de cassettes, numérotées de façon à les faire défiler chaque fois dans le même ordre.

D) - LA DÉTERMINATION DU MOMENT D'EXPOSITION DES CLICHÉS

Pour le cœur droit et l'artère pulmonaire nous pratiquons chez nos sujets une mesure du temps éther par injection intraveineuse de 1/2 cc. d'éther pur. Mais les renseignements ainsi fournis sont très approximatifs. On le conçoit d'ailleurs facilement : l'éther est véhiculé à la même vitesse que le courant sanguin veineux, alors que le ténébryl poussé en grande quantité sous pression forcera les résistances et atteindra le cœur droit en un temps plus court, assez constant, beaucoup moins variable en tous cas que peut l'être le temps éther.

L'étude soigneuse de nos clichés nous a montré que l'injection optimum du ventricule droit et de l'artère pulmonaire se situait chez tous nos sujets entre 4 et 5 secondes après le début de l'injection, alors que les « temps éther » s'étageaient chez eux entre 5 et 10 secondes.

Aussi fixons-nous ce moment optimum à : 4 secondes pour les « temps éther » de 5 à 7 secondes ;

4 1/2 ou 5 secondes pour les temps éther de 8 à 10 secondes.

Chez un sujet ayant un temps éther supérieur à 10 secondes, nous tiendrons compte de la même proportion.

Pour la détermination de l'opacification cœur gauche-aorte, nous n'avons pas pratiqué de mesure du « temps cyanure » et avons procédé empiriquement, étageant nos clichés de 9 à 12 ou 14 secondes après le début de l'injection.

Sur la série des clichés nous avons toujours réussi à obtenir le ventricule gauche et l'aorte, mais dans un cas où la circulation intra-pulmonaire était particulièrement rapide, notre premier cliché du cœur gauche, à la 9e seconde, arrivait trop tard pour l'oreillette gauche.

A l'inverse, il est certainement des cas de circulation intra-pulmonaire ralentie où, sur notre dernier cliché, l'aorte n'aurait pas encore été opacifiée.

Il y a donc là une lacune que nous nous proposons de combler.

(D'ailleurs il nous semble que le « temps cyanure » doit, pour le cœur gauche et l'aorte, être d'un secours plus précis que le « temps éther » pour le cœur droit ; en effet, à partir du ventricule droit, la substance opaque et le cyanure, soumis seulement à la propulsion des systoles ventriculaires, doivent circuler à des vitesses voisines.)

Chez presque tous nos sujets (sauf les tout derniers) nous avions réparti nos six clichés en deux séries égales : trois pour cœur droit et artère pulmonaire — trois pour cœur gauche et aorte ; par exemple à :

3 sec. — 4 1/2 — 6
et 9 sec. — 11 — 13 (ou 9, 10 1/2, 12).

Mais ces observations nous ont montré que c'est très rapidement que l'embolus opaque, alors compact, traverse le cœur droit et l'artère pulmonaire, et que, si les clichés 1 et 2 sont pris au moment propice, le cliché 3, une seconde et demie après le 2e, est sans grand intérêt : les branches de l'artère pulmonaire, bien visibles en 2, achèvent de s'y vider, et la majeure partie du ténébryl se trouve dispersée dans le poumon.

Aussi actuellement préférons-nous reporter ce cliché dans la 2e série où son adjonction est fort utile : l'embolus opaque va « s'étirer » dans la traversée pulmonaire dont tous les circuits ne s'accomplissent pas dans le même temps. Aussi l'opacification des cavités gauches et de l'aorte, si elle est moins intense que celle des cavités droites, se prolonge davantage, et 4 clichés s'étageant sur 4 sec. 1/2 y trouvent leur emploi.

Nous fixons donc ainsi, suivant le « temps éther » et la clinique, nos moments d'exposition :

de 3 sec. — 4 1/2 à 4 — 5 1/2
et de 7 sec. — 8 1/2 — 10 — 11 1/2
à 9 sec. — 10 1/2 — 12 — 13 1/2.

Ces temps, naturellement, sont destinés à donner des images de toutes les cavités. Pour l'étude d'un vaisseau ou d'une cavité donnée, on pourra préférer un nombre moindre de clichés, une répartition différente.

E) - LES DONNÉES RADIOLOGIQUES

Ne disposant pas, lors de nos premières cardiographies, d'un appareillage pouvant fournir une forte intensité, nous avions pu, après différents essais, obtenir un contraste convenable en utilisant une assez forte pénétration ; et chez des sujets au thorax moyennement épais, opérer avec :

125 Kv,
120 milliampères.
1/20 seconde — à 80 cm. sans grille (films Kodak) (planches I — II — III — IV).

le contraste est un peu moins bon avec seulement 105 Kv, les autres données restant inchangées (planches V, VI, VII, VIII).

Actuellement une nouvelle installation radiologique nous permet un contraste bien supérieur en utilisant, avec anticathode tournante, 80 kv — 300 milliampères — 1/10 sec. — à 80 cm.

PLANCHE I

(M. Las...)

Cliché n° 1. — 4 sec. après le début de l'injection.

— *l'oreillette droite commence à se vider ;*
— *ventricule droit ;*
— *infundibulum pulmonaire ;*
— *tronc et broches droite et gauche de l'artère pulmonaire ;*
— *noter que l'artère pulmonaire reste à distance de l'arc moyen.*

DEUXIEME CHAPITRE

Description de la technique
Résultats

A) - DESCRIPTION DU PROTOCOLE DE LA CARDIOGRAPHIE

Le sujet a subi au préalable un examen complet, qui a porté spécialement :

— au premier chef sur l'appareil cardio-vasculaire, examen clinique, radiologique et électrocardiographique ;
— sur l'appareil pulmonaire,
— sur l'appareil rénal, avec dosage de l'urée sanguine, examen des urines ;

de façon à déceler les contre-indications étudiées précédemment.

Il reçoit une préparation de gardénal :

0,10 la veille au soir,
0,10 le matin.

L'opacification étant pratiquée dans l'après-midi vers 15 h. 30, le sujet n'absorbe qu'un repas très léger, lacto-végétarien, vers 11 h. 30.

Un léger état de somnolence au moment de la cardiographie est obtenu, soit par l'injection de 1 cgr. 5 de morphine, 1 heure auparavant, soit par deux injections de spasmalgine, respectivement 1 h. 1/2 et 3/4 h. auparavant.

Le sujet est prévenu de ce qui va être pratiqué : on le priera, au signal, d'inspirer profondément et rapidement, de garder

PLANCHE II

(M. Las...)

Cliché n° 2. — 6 secondes après le début de l'injection.

— *le tronc de l'artère pulmonaire achève de se vider ;*
— *injection de ses ramifications intrapulmonaires ;*
— *du ténébryl stagne dans la veine sous-clavière et la veine cave supérieure.*

son souffle quelques secondes, puis d'expirer tranquillement et de respirer ensuite de façon naturelle.

Il est averti de la sensation désagréable qu'il ressentira et devra rester immobile jusqu'à ce qu'on lui permette de s'asseoir.

Il est allongé sur l'appareil, calé dans la position convenable, et l'on prend, pour déterminer les données radiologiques les plus favorables, un ou plusieurs clichés standard.

Pendant qu'ils sont développés, on note pouls et tension artérielle, et on mesure le temps éther par injection au pli du coude choisi pour l'opacification.

On décide des temps de prise des six clichés et ils sont marqués d'un trait sur le cadran du grand chronomètre dont dispose le radiologiste. Il mettra ce chronomètre en marche au moment où il donnera le signal du début de l'injection.

On prépare le système d'injection :

— Le réservoir à air comprimé de l'appareil de Dos Santos est rempli à 3 kg. de pression.

— Le ténébryl tiédi à 37° est introduit dans le tube gradué.

— Au robinet placé à la partie inférieure de ce tube gradué on adapte solidement le tube de caoutchouc dont l'autre extrémité est reliée à l'aiguille par l'intermédiaire du raccord en Y sur lequel est branchée une seringue de 20 cc. ; on laisse s'écouler dans le tube de caoutchouc suffisamment de ténébryl pour le purger d'air entièrement, puis on ferme le robinet.

La communication est ouverte entre le réservoir d'air comprimé et le tube gradué rempli de ténébryl.

Pour l'injection, le bras du sujet est laissé allongé le long du corps, en supination modérée. Au début, nous disposions le bras en abduction, à angle droit, reposant sur une table. La position actuellement utilisée nous a donné des résultats équivalents et s'avère plus pratique, d'un encombrement moindre.

L'injection est faite indifféremment à l'un ou l'autre bras, le choix en étant surtout déterminé par l'accessibilité des veines.

PLANCHE III

(M. Las...)

Cliché 4. — 10 secondes après le début de l'injection.

— *bonne injection du ventricule gauche ;*
— *début d'injection de l'aorte ascendante.*

L'aiguille est enfoncée dans la veine, aussi loin que possible, et maintenue solidement par deux doigts. Pour s'assurer qu'on est en bonne place, on aspire par la seringue une quinzaine de cc. de sang qui sont réinjectés rapidement.

Une pince à forcipressure est alors placée sur le court tube de caoutchouc qui relie le raccord en Y à la seringue, mettant celle-ci hors du circuit.

Tout est prêt pour la cardiographie :

— Un opérateur s'apprête à ouvrir le robinet de l'appareil de Dos Santos.

— Un assistant maintient solidement l'aiguille et surveille le pli du coude, prêt, si une tuméfaction s'y produisait, à interrompre immédiatement l'injection en serrant une pince à forcipressure sur le tube de caoutchouc.

— Un opérateur est au levier de manœuvre du distributeur de cassettes.

— Le radiologiste à son pupitre.

C'est lui qui, en mettant en marche son chronomètre, donne le signal du début de l'injection.

A ce signal on commande au sujet une inspiration profonde; l'opérateur « injecteur » ouvre le robinet ; et sans plus s'occuper du reste de l'opération, suit très attentivement la descente rapide du ténébryl dans le tube gradué, de façon à refermer le robinet lorsque le niveau du liquide n'a pas encore tout à fait atteint le fond du tube : il importe en effet d'éviter de façon absolument certaine l'irruption d'air comprimé dans la veine.

Pendant ce temps, le radiologiste suit l'aiguille de son chronomètre et à chaque temps marqué sur le cadran, déclenche le contact.

L'opérateur qui manœuvre le distributeur de cassettes, sans s'occuper du chronomètre doit seulement appuyer sur son levier dès que s'est produit le bruit caractéristique du fonctionnement de l'ampoule.

Ainsi est réalisé de façon simple le synchronisme nécessaire à la bonne conduite de la cardiographie, sans que les opéra-

PLANCHE IV

(M. Las...), même sujet.

Cliché 5. — 12 secondes après le début de l'injection.

— *ventricule gauche, crosse de l'aorte, aorte descendante ;*
— *du ténébryl stagne toujours dans la veine sous-clavière, descendant progressivement vers l'oreillette droite.*

(Sur le dernier cliché : 14 *secondes après l'injection, le ventricule gauche et la crosse aortique sont vides ; l'aorte descendante reste opacifiée.)*

teurs aient à s'occuper les uns des autres, sans aucune parole autre que le signal de début d'injection.

Dès l'injection terminée, l'aiguille a été retirée de la veine, un tampon d'ouate fortement appliqué au pli du coude, et, lorsque le dernier cliché a été pris, le malade, fortement oppressé, peut s'asseoir.

Pouls et pression artérielle sont notés, toutes les deux minutes d'abord, puis toutes les cinq minutes, jusqu'à ce qu'ils soient revenus à la normale.

B) - LES RÉACTIONS DU SUJET ET LES INCIDENTS

Réactions générales :

Nos sujets ont régi d'une manière notablement plus violente que celle que nous avons décrite précédemment avec le Diodone.

Le mode d'injection et le débit ne sauraient être en cause, puisque, si nous employons une pression de 3 kg., chiffre qui peut paraître élevé, nous poussons les 45 cc. en 1 seconde 6/10, soit notablement plus que les auteurs qui utilisent une seringue.

D'ailleurs, dans un cas, les autres conditions étant inchangées, nous avons pu injecter du Diodone ; la réaction du patient a été des plus minimes. La différence est bien due au produit utilisé.

La réaction habituellement produite est celle-ci :

— Aucune sensation pénible pendant les premières secondes qui suivent le début de l'injection.

— De façon très inconstante, vers la dixième seconde, un vague malaise.

— La réaction vraiment pénible apparaît brusquement vers la 14e, 15e ou 16e seconde. C'est un goût très amer dans la bouche, amenant le patient à rejeter sa salive, s'accompagnant d'une sensation de chaleur, qui se généralise à toute la tête, avec parfois l'impression que « la tête va éclater ».

PLANCHE V

(M. Ka...)

Cliché n° 1. — 3 sec. 1/2 après le début de l'injection.

— *veine cave supérieure ;*
— *oreillette droite ;*
— *ventricule droit ;*
— *et commencement d'injection de l'artère pulmonaire.*

En même temps étouffement marqué ; le sujet doit s'asseoir, il porte les mains à son thorax, respire profondément. Il est un peu pâle, non cyanosé. Cette réaction dure environ 20 à 30 secondes. Nous ne l'avons jamais vu dépasser 40 secondes. Elle s'atténue rapidement et le sujet reste seulement un peu fatigué. Transporté à son lit, il s'y endort habituellement sous l'influence de la préparation opiacée . Il ne ressent ultérieurement aucun malaise.

Dans un cas seulement nous avons observé des nausées et des vomissements, mais il s'agissait d'un malade atteint d'un cancer gastrique étendu.

Pendant la réaction, le pouls s'accélère, de façon modérée (de 10 à 30 pulsations par minute). Il revient très rapidement à la normale.

Par contre les modifications tensionnelles peuvent dans certains cas être très marquées.

Chez certains sujets, la modification est minime : une minute environ après l'injection on constate une baisse de 1 à 2 cm. de mercure, et après quelques minutes le chiffre antérieur est retrouvé. Mais chez d'autres sujets se produit une poussée hypertensive importante et prolongée. Commençant dans les minutes qui suivent l'injection, elle atteint plus ou moins rapidement son maximum, s'y maintient puis décroît progressivement et la tension retrouve son niveau antérieur environ une heure après l'injection.

Dans deux cas, la tension est passée respectivement de 12-8,5 avant l'injection à 23-13, 15 minutes après, et de 12,5-8 à 20,5-10,5, 2 minutes après. Dans ce second cas, où l'élévation a été rapide, elle s'est accompagnée d'une céphalée assez vive qui s'est d'ailleurs atténuée bien avant que la baisse tensionnelle ne s'amorce.

Dans ces cas, comme dans ceux où ne se produit pas d'hypertension, le pouls, qui s'était légèrement accéléré au moment de l'injection, revint rapidement à la normale.

Cette réaction hypertensive inconstante, et que nous avons vu se produire aussi bien chez un adulte jeune exempt de toute

PLANCHE VI

(M. Ka...), même sujet.

Cliché n° 2. — 5 secondes après le début de l'injection.

— *tronc et ramifications de l'artère pulmonaire, alors que l'oreillette et le ventricule droit sont presques vides déjà ;*
— *l'arc moyen est formé par le tronc de l'artère pulmonaire.*

tare cardio-vasculaire que chez des sujets plus agés, nous a obligé à un choix plus sévère des sujets à examiner et nous paraît être l'inconvénient majeur de l'emploi du Ténébryl 411 pour la cardiographie.

Dans deux cas nous avons tenté la prise d'un électrocardiogramme pendant l'opération. Les résultats en sont ininterprétables pendant la première minute :

— le fonctionnement de l'ampoule radiologique fait à chaque cliché sauter la corde ;

— ensuite, l'agitation du sujet rend le tracé illisible.

Une minute environ après le début de l'injection, les sujets ont pu s'allonger et rester immobiles.

Dans un des deux cas, l'enregistrement a montré alors, pendant deux minutes, un segment ST ascendant (en 2e dérivation) ; à la 5e minute le tracé était normal.

Un de nos sujets était un comitial de 38 ans qu'une crise survenue quelques jours auparavant avait amené dans le service. Il n'avait reçu aucun barbiturique, pas même, par erreur, le gardénal, habituellement prescrit comme préparation à la cardiographie. Celle-ci n'entraîna que la réaction habituelle.

Réactions locales.

Le Ténébryl 411, à la concentration utilisée, a toujours été parfaitement supporté par les veines de nos patients. En aucun cas l'injection intraveineuse n'a entraîné de douleur sur le trajet de la veine, de réaction inflammatoire.

Cette indolence d'une solution concentrée est d'autant plus remarquable qu'il n'est pas rare que l'injection pour l'urographie de Ténébryl Guerbet à 35 % soit suivie d'une douleur assez vive sur le trajet veineux.

Nous avons eu cependant, sur 18 injections pratiquées, un accident local, mais il est imputable à une erreur de technique. L'opérateur, avant d'enfoncer bien à fond son aiguille dans la lumière de la veine, en avait d'abord perforé la paroi postérieure. L'aspiration, puis la réinjection rapide de sang avaient

PLANCHE VII

(M. Ka...), même sujet.

Cliché n° 5. — 11 secondes après l'injection.

— *ventricule gauche et aorte.*

(Sur ce cliché, comme sur le suivant, le ténébryl qui stagnait dans système veineux, descend lentement vers le cœur droit et opacifié légèrement l'artère pulmonaire, ce qui gêne la bonne visibilité du cœur gauche.)

ensuite montré que l'aiguille était en bonne place. Cependant, l'injection sous pression détermina un important épanchement de Ténébryl sous-cutané, immédiatement très douloureux. Le lendemain, la zone tuméfiée était noirâtre, avec forte réaction inflammatoire.

La douleur et la réaction inflammatoire disparurent en quelques jours, mais il persista une escarre superficielle qui mit plusieurs semaines à se réparer.

Nous utilisions alors une aiguille assez courte (30 mm.). Nous supposons que le Ténébryl injecté sous forte pression reflua en partie en amont dans la veine et s'épancha par la perforation faite dans sa paroi postérieure.

Pour éviter qu'un tel accident ne se reproduise :

— nous utilisons maintenant une aiguille plus longue, enfoncée aussi loin que possible ;

— nous abandonnons une veine si la ponction n'en a pas été réussie d'emblée ;

— un opérateur supplémentaire est chargé de surveiller le pli du coude, prêt à interrompre l'injection si la moindre tuméfaction s'y produit.

C) - LES RÉSULTATS

Examinons maintenant les résultats obtenus. Les échecs qui suivirent nos premières tentatives s'expliquent facilement par l'imperfection de notre technique d'alors :

— injection poussée à une vitesse insuffisante, parce que nous hésitions à utiliser la pression maxima permise par l'appareil de Dos Santos et que nous n'en avions pas supprimé les embouts, d'un calibre intérieur trop faible ;

— prise de deux ou trois clichés seulement ;

— installation radiologique ne permettant qu'une intensité beaucoup trop faible.

PLANCHE VIII

(M. Las...)

Cliché 6. — 13 secondes après l'injection.

— *ventricule gauche et aorte ;*
— *on voit nettement l'épaisseur du myocarde.*

Ce n'est qu'à la huitième tentative que nous avons obtenu des clichés sur lesquels on pouvait distinguer nettement, outre les deux branches de l'artère pulmonaire et leurs principales ramifications, toujours assez faciles à opacifier, le tronc de l'artère pulmonaire et le bord interne du ventricule droit.

Grâce à ces clichés nous avions pu écarter formellement un diagnostic de dilatation de l'artère pulmonaire.

Mais, chez ce sujet, un seul cliché avait été consacré à l'étude du cœur gauche — sans le repère que donne la vitesse circulatoire, nous l'avions pris à 10 secondes, c'est-à-dire nettement trop tôt dans un cas où existait une insuffisance cardiaque légère. Aussi nous n'obtenions qu'une image des veines pulmonaires et de l'oreillette gauche, image assez médiocre d'ailleurs par manque de puissance de notre appareillage radiologique.

C'est seulement lorsque nous avons disposé du distributeur à six cassettes que nous avons pu obtenir régulièrement des images des cavités gauches et de l'aorte.

Mis à part le malade mentionné ci-dessus, nos clichés ont été pris chez des sujets ne présentant pas d'affection cardio-vasculaire ou tout au moins pas de celles dans lesquelles l'angiocardiographie fût nécessaire au diagnostic.

(Chez deux d'entre eux — planche XI — existait une notable augmentation de volume du cœur.)

L'étude de nos clichés nous montre que l'on obtient facilement en général une image des cavités droites, de l'artère pulmonaire et de ses branches. Le contour droit de l'oreillette droite est très nettement dessiné.

Net également le contour gauche du ventricule droit, irrégulier, crénelé.

Plus difficile à voir le contour supéro-interne de l'oreillette droite et le contour droit de l'infundibulum pulmonaire. Le tronc de l'artère est toujours nettement visible, ainsi que ses branches. La division plus ou moins médiane ou plus ou moins haute de l'artère, la direction plus ou moins transversale ou oblique en arrière de sa branche gauche entraînent des différences d'aspect notables d'un sujet à l'autre.

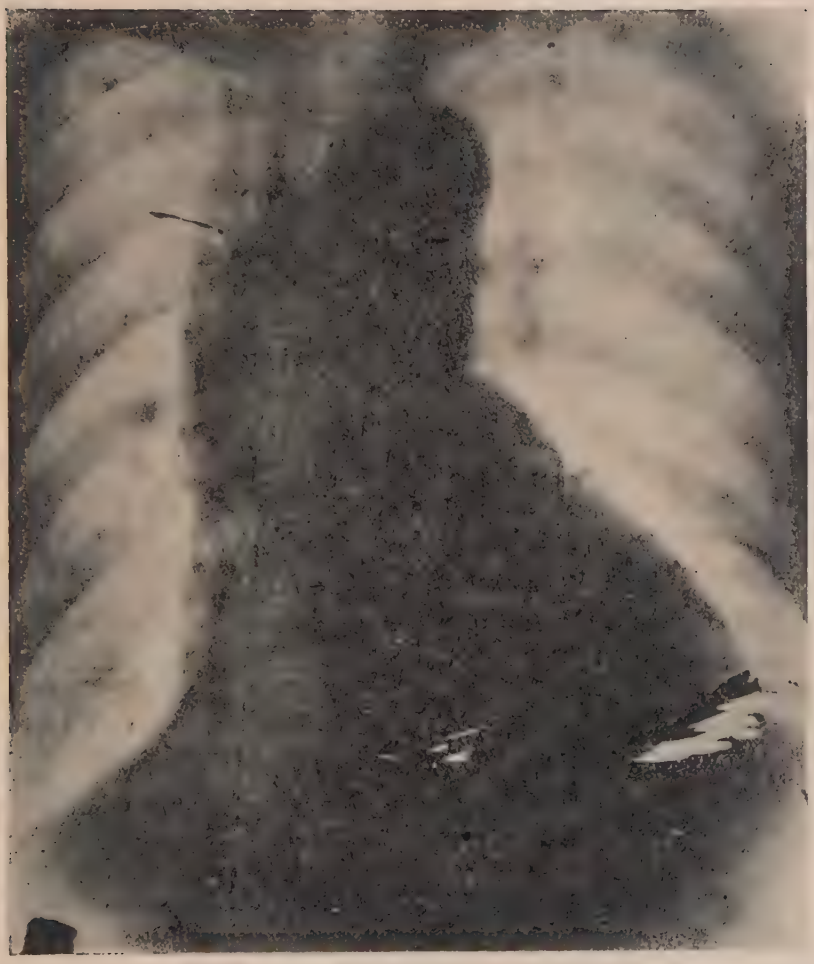

PLANCHE IX

(M. Mag...)

Cliché n° 4. — 10 secondes après l'injection.

— *aorte large et déroulée.*

C'est ainsi que, chez trois de nos sujets, le bord gauche de l'artère pulmonaire forme l'arc moyen (planches V et VI).

Chez un sujet, c'est la branche gauche, fortement recourbée vers le bas, qui forme cet arc. Dans tous les autres cas, l'arc moyen est nettement éloigné de ces deux vaisseaux (planches I et II).

Il est plus difficile d'obtenir de nets contours des cavités gauches. L'oreillette gauche, en particulier, se projetant au milieu de l'opacité cardiaque, exige, pour être bien vue, des clichés de très bonne qualité (planche X).

Ce n'est qu'inconstamment que nous avons obtenu des images du ventricule gauche, même avec de bonnes conditions radiologiques. Le hasard d'un bon remplissage est ici très important, comme le signale Chavez, qui a observé que, contrairement au ventricule droit, le ventricule gauche se vide complètement.

Une opacification convenable du ventricule gauche permet d'observer l'épaisseur du myocarde (planches VIII et XI).

L'aorte présente l'avantage d'être opacifiée pendant plusieurs secondes, aussi en avons-nous assez facilement obtenu une bonne visibilité (planches IV et IX), bien que la position frontale, la seule que nous ayons employée, se prête assez mal à son étude.

On remarquera sur nos clichés la stase prolongée du Ténébryl dans les veines.

Nous avions d'abord pensé que cette stase, qui souvent s'arrête au niveau de la première côte, était due à un spasme de la veine irritée par le ténébryl ; spasme analogue à celui qui s'oppose fréquemment à la pénétration des cathéters poussés à partir du pli du coude et qui siège souvent sur la première côte (Lenègre et Maurice). Mais il s'agit, en réalité, comme nous l'avons décrit plus haut, d'une stagnation du produit dense, qui n'est plus entraîné que lentement par le courant veineux dès que cesse la forte poussée de l'injection.

PLANCHE X

(M. Bre...)

Cliché n° 5. — 11 secondes après l'injection.

— *veines pulmonaires et oreillette gauche.*

D) - CRITIQUE DES RÉSULTATS

Nos résultats, bien peu nombreux encore, et d'une qualité inconstante, soin loin d'égaler ce qui a été obtenu à l'étranger.

Cependant, nous avons pu, de tous nos échecs, tirer un profit. Nous savons quel sont les points faibles essentiels ; nous mettons au point les perfectionnements qui les feront disparaître :

— Contre l'insuffisance de contraste :

— accélérer l'injection par l'augmentation du diamètre intérieur du robinet de l'appareil de Dos Santos ;

— pousser jusqu'au cœur tout le liquide de contraste par du sérum physiologique injecté immédiatement après le ténébryl grâce à un deuxième appareil de Dos Santos branché sur l'aiguille.

— Pour accélérer la prise des clichés :

Nous venons de monter sur la butée mobile du distributeur de cassettes un contact déclenchant automatiquement la prise du cliché dès que la cassette arrive en place. Le gain de temps qui en résulte permet un intervalle de moins de 1 seconde.

La question de la substance de contraste reste pour nous une des plus importantes et nous espérons qu'un approvisionnement suffisant en produit adéquat nous permettra d'étudier bien des affections cardio-vasculaires que nous n'avons pas voulu soumettre au risque de la réaction hypertensive parfois observée avec le ténébryl.

PLANCHE XI

(M. Bre...), même sujet.

Cliché 6. — 13 secondes après l'injection.

— *oreillette gauche ;*
— *bon remplissage du ventricule gauche très augmenté de volume, dilaté et non hypertrophié, comme le montre la faible épaisseur du myocarde ;*
— *l'aorte est faiblement opacifiée.*

CONCLUSION

Dernière venue des méthodes d'exploration du système cardio-vasculaire, l'angiocardiographie est, dans plusieurs pays étrangers, sortie depuis quelques années déjà du stade expérimental. Elle y devient une épreuve de premier plan pour le diagnostic de certaines affections.

— Maladies congénitales du cœur et des gros vaisseaux, où elle permet souvent de *voir* exactement quel est le type et l'importance de la ou des malformations.

Et ceci n'est plus un diagnostic vain depuis que l'on peut lier un canal artériel, réséquer un rétrécissement de l'isthme aortique, et suppléer par anastomose à la sténose de l'artère pulmonaire.

— Anévrismes des gros vaisseaux thoraciques et, plus généralement, toute opacité thoracique dont on soupçonne la nature vasculaire.

Certes il n'est pas question actuellement de généraliser l'emploi de cette méthode à toutes les affections cardiaques. Les incidents parfois rencontrés, le risque toujours possible d'accidents plus graves, doivent la faire réserver aux cas où les renseignements qu'elle peut fournir sont indispensables au diagnostic.

Mais il est certain que les progrès de la technique, notamment la découverte d'une substance opaque d'une parfaite inocuité permettront dans l'avenir, avec une étude systématique de toutes les affections cardiovasculaires, une large extension des indications de ce moyen de diagnostic. Il suffit

de rappeler que CHAVEZ et ses collaborateurs ont pu *voir* des rétrécissements tricuspidiens, alors que cette lésion passait pour si exceptionnelle que son existence avait même été mise en doute.

Nous avons travaillé à la mise au point d'une technique d'angiocardiographie et, en nous inspirant certes des résultats étrangers, étudié les problèmes multiples qu'elle pose.

La modestie des moyens dont nous disposons ne nous permet pas encore d'égaler ce qui a été obtenu hors de France.

En particulier le manque d'une substance de contraste convenable reste le principal obstacle auquel nous nous heurtons ; la substance que nous employons entraîne parfois une réaction hypertensive qui restreint le choix de nos sujets.

Cependant la construction d'un distributeur de cassettes nous permet la prise rapide de six clichés ; et la qualité de nos résultats s'améliore au fur et à mesure que nous savons remédier à nos erreurs et aux défauts de notre technique.

Nous espérons ainsi contribuer à ce que bientôt soit comblé le retard où se trouve, dans ce domaine, la cardiologie française.

Vu : *le Doyen :*
L. BINET.

Vu : *le Président de Thèse :*
Henri BÉNARD.

Vu : *le Recteur de l'Académie de Paris :*
SARRAILH.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMEUILLE et HINAULT. — Les artériographies pulmonaires. Deuxième réunion internationale pour l'étude radiopulmonaire, Strasbourg, 15 novembre 1936. (*Archives d'Electricité Médicale,* 626, 136, 1937.)

2. AMEUILLE, HINAULT et RONNEAUX. — Contribution à l'artériographie pulmonaire sur le vivant. (*Soc. Médicale de France,* 25, 236, février 1937.)

3. AMEUILLE, RONNEAUX, HINAULT et DESGREZ. — L'angiopneumographie. (*Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp.,* Paris, séance du 8 mai 1936.)

4. BARCLAY, BARCROFT, BARRON and FRANKLIN. — A radiographic demonstration of the circulation through the heart in the adult and the fœtus and the identification of the ductus arteriosus. (*British Journal or Radiology,* sept. 1939.)

5. BAZY, FLANDIN, S. BLONDIN, REBOUL et AUBERT. — Nécessité de l'artériographie pour l'étude des affections artérielles. Les conditions de son innocuité. (*Académie Chirurgie,* séance du 18 décembre 1946.)

6. BENNER, KJELLBERG and SJOSTRAND. — On the possibility of studying the function of the heart with the aid of Roentgen-cinematography. (*Acta Radiologica,* 25, 175, 1944.)

7. BIRMAN. — L'urographie intraveineuse au ténébryl. (Thèse, Paris, 1932.)

8. BLOCH et ZANETTI. — Recherches expérimentales sur les artériographies pulmonaires. (*Radiol. Méd.,* mars 1936.)

8 *bis.* BOON et LINDENBOOM. — Occlusion artérielle après injection intraveineuse. (*Archives Mal. Cœur et Vaisseaux,* 1938, p. 1019.)

9, CARVALHO, MONIZ et ALMEIDA LIMA. — L'angiopneumographie et ses applications dans la tuberculose pulmonaire. (*Presse Médicale,* 13 août 1932.)

10. CARVALHO, MONIZ et ALMEIDA LIMA. — Visibilité des vaisseaux pulmonaires. (*Journal de Radiol. et d'Electricité*, 1933.)

11. CARVALHO. — *L'artériographie pulmonaire.* — Rapport au Congrès de Lisbonne, 1937.

12. CASTELLANOS, PEREIRAS et GARCIA (La Havane). — La Angiocardiografia radioopaca, n°s 9-10, sept.-oct. 1937. (*Arch. Soc. est. Clin. Habana.*)

13. CASTELLANOS, PEREIRAS et GARCIA. — L'angiocardiographie chez l'enfant. (*Presse Médicale*, 46, 1474, 1938.)

14. CASTELLANOS, PEREIRAS et GARCIA. — Angiocardiographies in newborn. (*Bol. Soc. Cubana de Pediat.*, 10, 225, 1938.)

15. CASTELLANOS, PEREIRAS et GARCIA. — La Angiocardiografia en el nino. (*Septimo Congresso de la Associacion Medica Pan. Americana*, Enero, 1938.)

16. CHAVEZ. — L'opacification des cavités cardiaques et des gros vaisseaux. (*Conférence faite à la Clinique médicale de la Pitié*, 30 novembre 1946.)

17. CHAVEZ, DORBEKER et CELIS. — Rapport au deuxième Congrès interaméricain de Cardiologie, Mexico, octobre 1946, publié in (*Am. Heart Journ.*, 33, may 1947, n° 5.)

18. CONTE et COSTA. — Observations sur l'angiopneumographie. (*Presse Médicale*, 10 mai 1933.)

19. CONTIADES, UNGAR et NAULLEAU. — Recherches expérimentales sur l'action vasculaire des produits de contraste en artériographie. (*Presse Médicale*, n° 84, 14 octobre 1935 ; *Soc. Nat. Chirurgie*, fév. 1935.)

20. CONTIADES, UNGAR et NAULLEAU. — Action vasomotrice et dangers des produits de contraste en artériographie. Recherches expérimentales et résultats cliniques. (*Bull. Soc. Nat. Chirurgie*, 61, n° 5, 1935.)

21. CRANE. — Sudden death following the intravenous administration of diodrast. (*J. Urol.*, 42, 745, nov. 1939.)

22. DOLAN. — Allergic death due to intravenous use of diadrast. (*J.A.M.A.*, 114, 138, 1940, jan. 13.)

23. FORSSMANN. — Die sondierung des rechten Herzens. (*Klinische Woch.*, 1929, n° 45 ; *Münch., Med. Woch.*, 1931, n° 12.)

24. GOLDBURGH and BAER. — Death after the intravenous use of diodrast. (*J.A.M.A.*, 118, 1051, 1942, Marsh 28.)

25. HINAULT. — Les artériographies pulmonaires (*Monde et Médecine*, 7 mai 1939.)

26. Bengt H. Holmgren. — Roentgen cinematography as a routine method. (*Acta Radiologica,* 26, 286, 1945.)

27. S.-R. Kjellberg. — Roentgenography of the cardiovascular system : mixing and circulation of water soluble contrast media during examination. (*Acta Radiologica,* 24, 4, 33, 1943.)

28. Lenègre et Maurice. — Premières recherches sur la pression ventriculaire droite. (*Soc. Fr. Cardiologie,* 21 mai 1944 ; *Soc. Méd. Hôp. Paris,* 2 juin 1945 ; *Paris Médical,* 13 mars 1945.)

29. Lequime et Denolin. — Modifications consécutives à l'injection de solutions salines hypertoniques. Applications à l'étude de l'angine de poitrine. (*Arch. Mal. Cœur et Vaisseaux,* 38, 231, sept.-oct. 1945.)

30. Lian et Facquet. — La mesure de la vitesse circulatoire avec l'éther, la saccharine et la fluorescéine dans les principaux types d'insuffisance caradiaque. (*Soc. Méd. Hôp. Paris,* 13 mars 1936.)

31. Maurice. — La pression ventriculaire droite chez l'homme. (Thèse Paris, 1946.)

32. Moniz, Carvalho et Almeida Lima. — L'angiopneumographie. (*Presse Médicale,* 4 août 1931.)

33. Neuhauser and Jennings. — Inexpensive cassette changer for angiocardiography. (*Am. Journ. of Roentgenol,* 49, 829, june 1943.)

34. Pasteur-Vallery-Radot, Domart et Mauric. — Danger de l'urographie intraveineuse chez les azotémiques. (*Soc. Méd. Hôp. Paris,* 11 octobre 1946.)

35. Pendergrass, Chamberlin Godfrey and Burdick. — A survey of deaths and unfavourable sequelge following the administration of contrast media. (*Am. Jounal Roent.,* 48, 741, déc. 1942.)

36. Perez de los Reyes, Castellanos et Pereiras (La Havane). — Angiocardiography and its value. (*Am. Heart Journal,* 25 mars 1943.)

36 *bis.* Pierron et Metraz. — L'angiocardiographie. (*Annales de Médecine,* 48, 1947, n° 2.)

37. Racine et Reboul. — La ventriculographie cardiaque expérimentale. (*Presse Médicale,* 37, 10 mai 1933.)

38. Racine et Reboul. — Retentissement cardio-vasculaire des injections de contraste dans le ventricule gauche. (*Presse Médicale,* 27 décembre 1933.)

39. RACINE et REBOUL. — La ventriculographie cardiaque gauche expérimentale. (*Journal Méd. Français,* 4, 1934.)

40. RACINE et REBOUL. — Considérations générales sur l'exploration radiologique des artères périphériques, de l'aorte et des ventricules, après injection de substance de contraste. (*Journal Médical Français,* 4, 1934.)

41. RAVINA, SOURICE et BENZAQUEN. — Angiographie et angiopneumographie. (*Presse Médicale,* 20 février 1932 ; *Progrès Médical,* 3 novembre 1934.)

42. RAVINA, SOURICE et COTTENOT. — L'angiographie pulmonaire. (*Soc. Méd. Hôp. Paris,* 8 mai 1936.)

43. ROBB and STEINBERG. — Practical method of visualization of chambers of the heart, the pulmonary circulation, and the great blood vessels in man. (*J. Clin. Investigation,* 17, 507, 1938.)

44. ROBB and STEINBERG. — Visualisation of chambers of heart, pulmonary circulation and great blood vessels in heart disease. Preliminary observations. (*Am. Journ. of Roentgenol,* 42, 14, 1939.)

45. ROBB and STEINBERG. — Visualisation of the chambers of the heart and pulmonary circulation ; a practical method. (*Am. Journ. of Roentgenol,* 41, 1, 1939.)

46. ROBB and STEINBERG. — Visualisation of the chambers of the heart. (*J.A.M.A.,* 114, 474, feb. 1940.)

47. ROY. — L'artériographie pulmonaire. (Thèse, Paris, 1938.)

48. SCHWARZSCHILD. — Multiple cassette changer for angiocardiography ; device for rapid serial radiography. (*Radiology,* 40, 72, jan. 1943.)

49. STEINBERG, ROBB and ROCHE. — The differential diagnosis of mediastinal tumor and aortic aneurysm ; value of contrast cardiovascular visualisation. (*New-York State J. Med.,* 40, 1168, 1940.)

50. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — (New-York). — Contrast visualisation of coarctation of the aorta. (*Am. Heart Journal,* mars 1941.)

51. STEINBERG, SUSSMAN and GRISHMAN. — Multiple exposure technique in contrast visualization of the cardiac chambers and great vessels. (*Am. Journal of Roentgenol,* 46, 745, nov. 1941.)

52. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Contrast visualisation or the heart and great vessels in Emphysema. (*Am. Journal of Roentgenol,* 47, 368, 1942.)

53. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Newer concepts in the diagnosis of congenital heart disease. (*Am. Journal of Dis. Child.*, 65, 922, 1943.)

54. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Atypical coarctation of the aorta with absence of the left radial pulse. (*Am. Heart Journal*, fév. 1944.)

55. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Angiocardiographic analysis of the cardiac configuration in rheumatic mitral disease. (*Am. Journal of Roentgenol*, 51, 38, 1944.)

56. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Angiocardiography in congenital heart disease.

I : Dextrocardia. (*Am. Journal Roentgenol*, 46, 745, 1942);

II : Intracardiac shunt. (*Am. Journal Roentgenol*, 49, 766, 1943.)

57. STEINBERG, GRISHMAN and SUSSMAN. — Angiocardiography in congenital heart disease : III : patent ductus arteriosus. (*Am. Journal of Roentgenol*, 50, 293, sept. 1943.)

58. STEINBERG, SUSSMAN and GRISHMAN. — Rapid film changer for use in contrast angiography. (*Radiology*, 38, 232, feb. 1942.)

59. SUSSMAN and GRISHMAN. — The value of roentgenologic examination of the heart. (*Am. Heart Journal*, nov. 1944.)

60. STEWART, BREIMER and MAIER. — Cineroentgenographic diagnosis of congenital and acquired heart disease. (*Am. Journal of Roentgenol*, 46, 637, nov. 1941.)

61. STEWART and GHISELIN. — Cinefluorography. (*South. Surgeon.*, 9, 1940, p. 21-25.)

62. H.-K. TAYLOR. — Clinical value of angiocardiography. (*Dis. of Chest.* 11, 624, nov.-déc. 1945.)

63. TAYLOR and Mc GOVERN. — Evaluation of angiocardiography (using diodrast, iodine preparation). (*J.A.M.A.*, 121, 1270, 1943.)

64. TAYLOR and Mc GOVERN. — Angiocardiography : anatomy of heart in health and disease. (*Radiology*, 43, 364, oct. 1944.)

65. THOMPSON. — Differential diagnostic by means of intravenous contrast medium of two cases simulating aneurysm of the pulm. artery. (*Am. Journal of Roentgenol*, nov. 1941.)

66. VAN DOOREN et JOFFE. — Etude clinique de la vitesse sanguine mesurée par le cyanure de sodium. (*Le Scalpel*, Bruxelles, 91, 19 et 26 nov. 1938.)

67. WEATHERALL. — The pharmacological action of some contrast media and a comparaison of their merits. (*The British Journ. of Radiol.*, may 1942.)

68. WEBER. — Angiocardiography. (*Am. Journal M. Sc.*, 205, 747, may 1943.)

69. Organography with diodrast concentrated solution 70 per cent. Report of Council on Pharmacy and Chemistry. (*J.A.M.A.*, 121, 1351, 1943, april 24.)

Imp. de Persan-Beaumont, 80, av. Wilson, à Persan (S.-et-O.)

29.277 — N° d'édition 7/1949

TABLE DES MATIÈRES

HISTORIQUE 14
GÉNÉRALITÉS SUR LA MÉTHODE 17

PREMIERE PARTIE

LES DIFFÉRENTS PROBLÈMES POSÉS PAR L'ANGIOCARDIOGRAPHIE
LES MÉTHODES ACTUELLEMENT UTILISÉES

PREMIER CHAPITRE

L'injection de la substance de contraste 19
A) La substance de contraste 19
B) Quantité de substance de contraste nécessaire 24
C) La vitesse d'injection 25
D) Le mode d'injection 25
E) Les réactions du sujet à l'injection. Incidents et accidents. Contre-indications de la méthode 29

DEUXIEME CHAPITRE

La prise des clichés au moment de l'opacification 36
A) Le moment de prise des clichés 36
B) Dispositif de prise rapide de clichés 37
C) Les conditions radiologiques 39
D) La position du sujet 40

DEUXIEME PARTIE

NOTRE TECHNIQUE D'ANGIOCARDIOGRAPHIE ET SES RÉSULTATS 43

PREMIER CHAPITRE

Les principaux éléments de notre technique 44
A) La substance de contraste 44

B) Le mode d'injection 47
C) La distribution des cassettes 48
D) La détermination du moment d'exposition des clichés.. 50
E) Les données radiologiques 52

DEUXIEME CHAPITRE

Description de la technique. Résultats 54
A) Description du protocole de la cardiographie 54
B) Les réactions du sujet et les incidents 60
C) Les résultats 66
D) Critique des résultats 72

CONCLUSION 75

BIBLIOGRAPHIE 77